UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

ANNÉE 1941 - N° 2

Les Blés de Force de la Tunisie

THÈSE

pour le Doctorat de l'Université d'Alger Mention Pharmacie

présentée et soutenue publiquement le Juillet 1941

par

MOREAU JEAN

né le 23 Avril 1903 à Châteauneuf du Faou (Département du Finistère)

MEMBRES DU JURY :

M. MUSSO, Professeur de Pharmacie, *Président.*
MM. PORTES, Professeur de Physique médicale.
FOURMENT, Professeur de Botanique et matière médicale. } Juges
MONNET, Professeur Agrégé (Pharmacie).

— TUNIS —

IMPRIMERIE MAURY, BAYLE ET Cie
3, Rue de Lorraine, 3,

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542708_0045

Autorisation du Secrétariat d'Etat à la Guerre. Visa N° 05173 I/ch du 30 avril 1941.

UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

ANNÉE 1941 - N° 2

Les Blés de Force de la Tunisie

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

THÈSE

pour le Doctorat de l'Université d'Alger Mention Pharmacie

présentée et soutenue publiquement le Juillet 1941

par

MOREAU JEAN

né le 23 Avril 1903 à Châteauneuf du Faou (Département du Finistère)

MEMBRES DU JURY :

M. MUSSO, Professeur de Pharmacie, *Président.*
MM. PORTES, Professeur de Physique médicale.
FOURMENT, Professeur de Botanique et matière médicale. } Juges
MONNET, Professeur Agrégé (Pharmacie).

1941

IMPRIMERIE MAURY, BAYLE ET Cie
3, Rue de Lorraine, 3,
— TUNIS —

UNIVERSITÉ D'ALGER

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Doyen	MM.	LEBON (O. ✲, ⁂, I, ⁂).
Doyen Honoraire		LEBLANC (O. ✲, ⁂ I. ⁂).
Assesseur		CABANES (✲, ⁂, I. ⁂).

PROFESSEURS

Clinique médicale	MM.	AUBRY (O. ✲, ⁂, I, ⁂).
Histologie et Embryologie		BENOIT (A. ⁂).
Clinique gynécologique		CABANES (✲, ⁂, I. ⁂).
Clinique chirurgicale		COSTANTINI (O. ✲, ⁂, I.⁂)
Chimie biologique et médicale		ETTORI (A. ⁂).
Botanique et matière médicale		FOURMENT (I. ⁂, ⁂, O. ⁂)
Hygiène, hydrologie et climatologie		GIBERTON (✲, A. ⁂).
Clinique obstétricale et puériculture du 1er âge		LAFFONT (O. ✲, ⁂, I. ⁂).
Clinique thérapeutique médicale		LEBON (O. ✲, ⁂, I. ⁂).
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie		LOMBARD (✲, ⁂, I. ⁂)
Anatomie pathologique		MONTPELLIER (I. ⁂).
Pharmacie		MUSSO (, I. ⁂).
Bactériologie		PINOY (✲, I, ⁂).
Clinique psychiatrique		POROT (I. ⁂).
Physique médicale		PORTES (✲, ⁂, I. ⁂).
Clinique des maladies des pays chauds, des maladies syphiliques et cutanées..		RAYNAUD (✲, ⁂, I. ⁂).
Anatomie		DE RIBET (✲, ⁂, I. ⁂).
Parasitologie et zoologie médicale		SENEVET (✲, ⁂, I. ⁂).
Clinique ophtalmologiqoe		TOULANT (O. ✲, ⁂, I. ⁂).
Physiologie		TOURNADE (O. ✲, ⁂, I. ⁂
Médecine légale		N...
Chimie générale, pharmaceutique et toxicologique		N...
Clinique médicale et hygiène infantile		N...

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. ARGAUD (✲, ⁂, I. ⁂). MM. LEBLANC (O. ✲, ⁂, I. ⁂).
COURRIER (✲, ⁂, I. ⁂). WEBER (✲, ⁂, I. ⁂).

PROFESEURS SANS CHAIRE

MM. HOUEL (✲, ⁂, I. ⁂), agrégé perennisé (Obstétrique).
FERRARI (✲, ⁂ I.⁂), Chirurgie.

AGREGES

Obstétrique	MM.	JAHIER.
Médecine		LACROIX (3. ⁂). SARROUY (✲, ⁂). THIODET (⁂).
Histologie		KEHL (A. ⁂).
Chirurgie		CURTILLET. GOINARD. SABADINI (A. ⁂).
Anatomie pathologique		N...
Anatomie		N...
Chimie médicale		N...
Histoire naturelle pharmaceutique		ROQUES (I. ⁂).
Physiologie		N...
Pharmacie		MONNET.

AGREGES LIBRES

Physiologie	MM.	BATTEZ.
Chirurgie		DUBOUCHER (I. ⁂).

NOTA. — La Faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

À LA MEMOIRE de MON PERE et de MA MERE

A MA FEMME ET A MES ENFANTS,

GUY, JEANINE et YVES

A TOUS LES MIENS

A MES AMIS

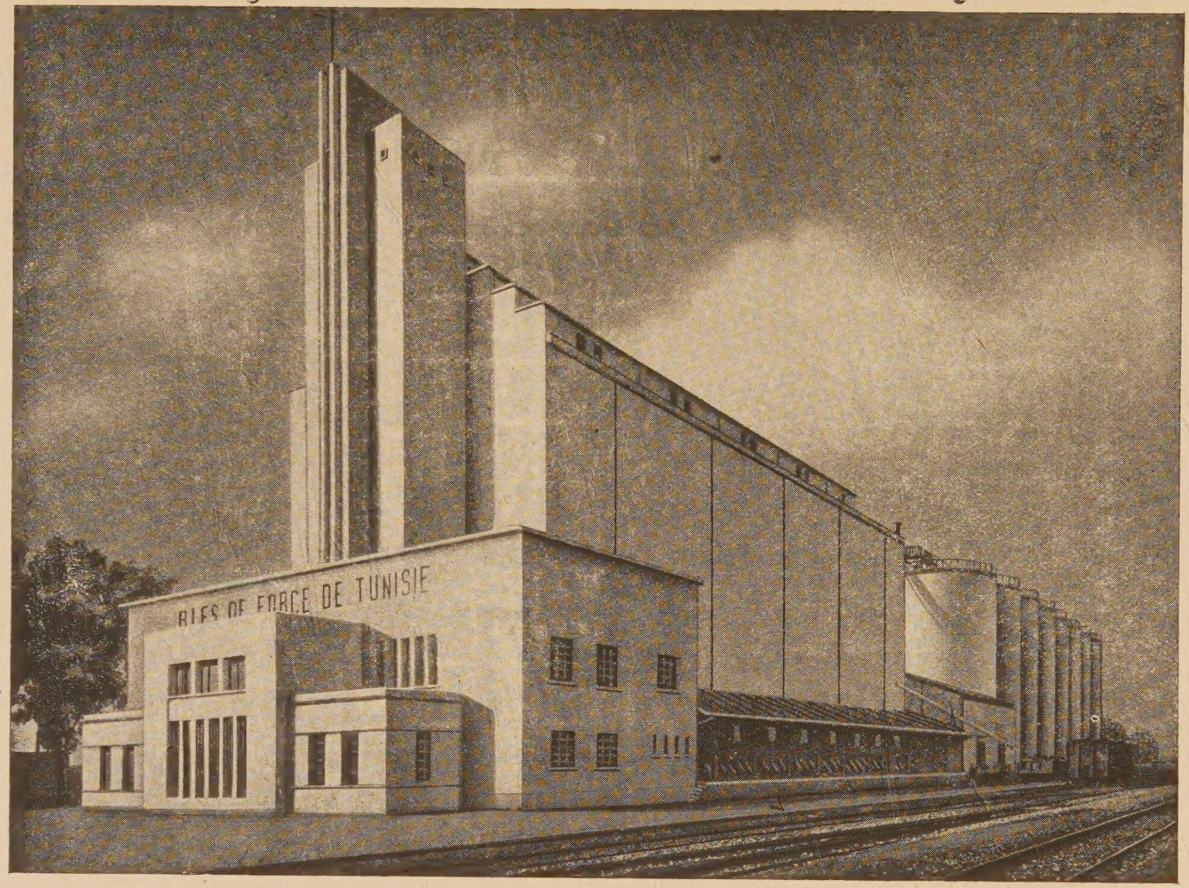
A MON PRESIDENT DE THESE

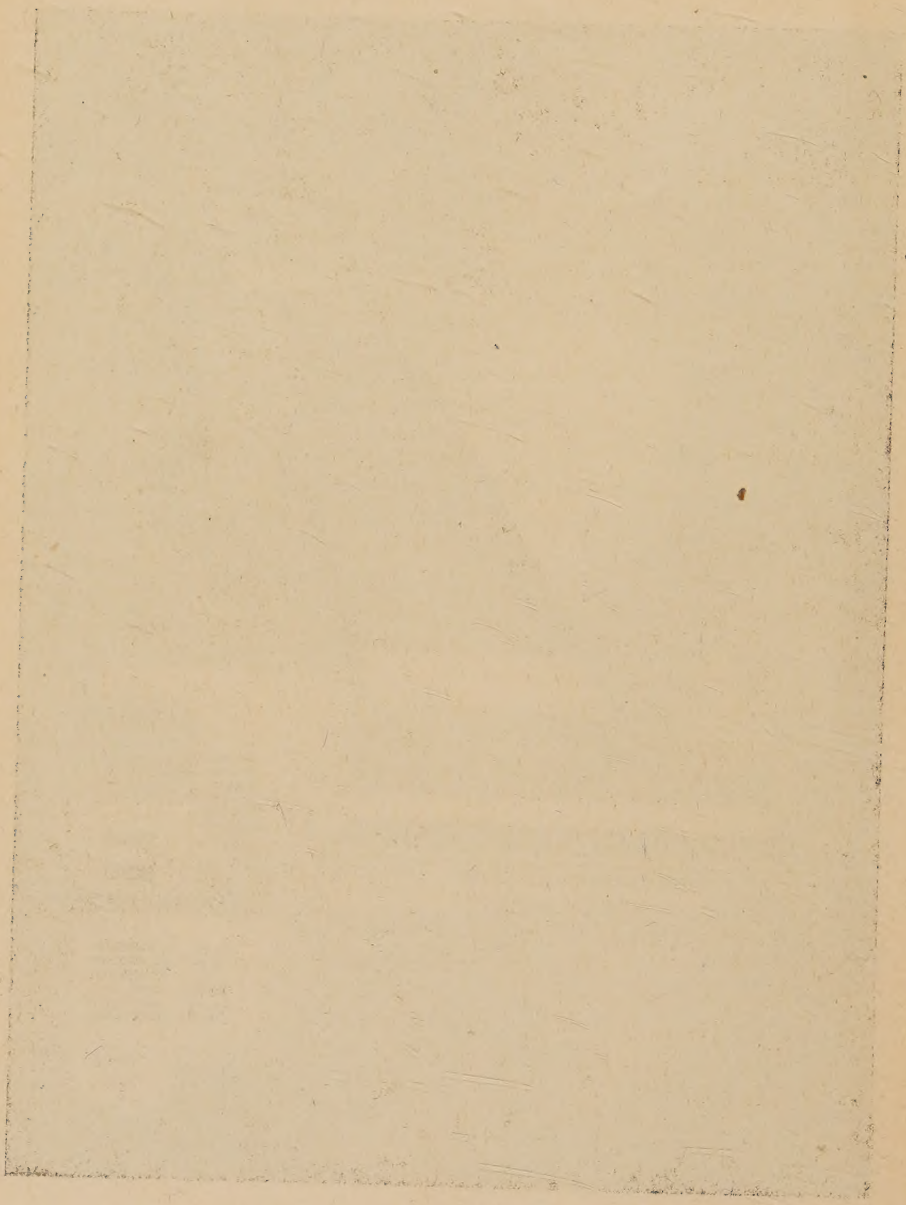
Monsieur le Professeur MUSSO

Il m'a fait le très grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Qu'il veuille bien agréer l'expression de ma gratitude respectueuse pour cette marque d'intérêt.

A MES JUGES

A MES CHEFS


ALES DE FORCE DE TUNISIE



AVANT PROPOS

L'étude que nous avions entreprise sur les blés de Tunisie était à l'origine destinée à nos camarades, les Pharmaciens du Corps de Santé Militaire, et n'était que l'exposé des résultats analytiques que nous avions obtenus à l'aide de quelques méthodes faciles et rapides susceptibles, pensions-nous, de leur rendre service dans leurs recherches de laboratoire ou dans leurs expertises des farines utilisées par l'Armée.

Par suite des circonstances, et grâce à la fois à des suggestions éclairées et à des concours compétents, le plan de notre travail s'est élargi et nous en avons fait une étude des « blés tendres de force de la TUNISIE ».

Estimant que la question est toute d'actualité, nous ne croyons pas cependant sortir du cadre de l'enseignement de la Faculté pour qui rien de ce qui a trait à la chimie alimentaire n'est étranger. Nous avons d'ailleurs largement traité les questions de l'azote total, des matières minérales, du phosphore et du potassium et les méthodes de dosages que nous indiquons pourraient, pensons-nous être appliquées dans les autres domaines de la biologie.

Nous remercions bien sincèrement M. CHABROLIN qui nous a facilité notre tâche en nous permettant le libre accès des Laboratoires et de la bibliothèque du Service Botanique et Agronomique de TUNISIE, et M. MATWEFF, Chef de travaux, qui nous a fait bénéficier, dans un esprit de loyale collaboration, de sa grande expérience et de sa connaissance des propriétés mécaniques des pâtes de farines de blés de force.

Nous témoignons notre reconnaissance à Monsieur le Professeur MUSSO, de la Faculté de Médecine d'ALGER pour le bienveillant accueil qu'il a voulu réserver à notre travail et à Monsieur MONNET Professeur agrégé, pour les conseils judicieux et l'aide qu'il nous a prodigués. Notre gratitude est également acquise à M. BELTRAN, Professeur à l'Institut Agricole de l'ALGÉRIE pour les encouragements qu'il nous a apportés dans cet essai sur l'effort de mise en valeur du domaine tunisien.

INTRODUCTION

A l'heure où le pays doit faire appel à toutes les ressources de son Empire, en faire un recensement total de façon à pouvoir régler leur utilisation d'une manière rationnelle, il ne semble pas inutile de souligner la part contributive apportée par la TUNISIE pendant ces dernières années dans le domaine de la production du blé.

Par une sélection intelligemment entreprise et poursuivie depuis plus de dix ans, et dont l'exemple s'est d'ailleurs vite propagé en Algérie et au Maroc, la France peut désormais trouver à proximité des variétés de blé qu'elle devait auparavant importer des Etats-Unis et du Canada.

Le nord de l'Afrique présente en effet les conditions les plus favorables à la production de ces variétés dites « blés tendres de force » dont nous pouvons tout de suite donner une première définition : Ce sont des blés dont les constituants, et principalement le gluten, possèdent des qualités physico-chimiques et biochimiques particulières, pouvoir d'absorption d'eau, élasticité, ténacité, etc. telles qu'elles assurent le développement maximum et la meilleure qualité du pain obtenu.

Ces propriétés sont celles qui contribuent à déterminer la « valeur boulangère », notion désormais courante dans le commerce et dans l'industrie des blés et des farines. Et nous disons que la valeur boulangère n'est autre qu'un ensemble de caractères dépendant de la force de panification de la farine, et aussi des propriétés organoleptiques et bromatologiques du pain, au premier rang desquelles on doit placer sa valeur nutritive.

Ces conditions, nées du climat, peuvent se réduire à deux qui sont essentielles : une courte période de végétation et une maturation par temps sec. En recherchant les variétés adaptées à son climat particulier, productives, et possédant ces qualités spéciales de force, l'Afrique du Nord peut ainsi fournir pour l'exportation des blés qui ne viennent pas s'ajouter à la production métropolitaine mais la com-

pléter harmonieusement, car justement, suivant les habitudes et les exigences locales, la meunerie s'est accoutumée à incorporer ces blés de force aux « blés de pays » dans le but d'obtenir une valeur boulangère optima, c'est-à-dire celle qui assure le meilleur rendement en pain répondant aux besoins de la population à laquelle il est destiné.

L'idée qui nous a guidé dans ce travail, c'est que l'appréciation des farines ne doit plus se borner aujourd'hui aux recherches simples qui pouvaient se pratiquer dans les plus modestes laboratoires de chimie. S'il est juste d'attacher de l'importance aux tests chimiques qui ont suffi jusqu'ici à identifier divers types de farines, et sans qu'il soit le moindrement question d'abandonner la notion des limites imposées aux principaux éléments (acidité, humidité, matière grasse, cendres, gluten), il faut reconnaître que le problème a pris plus d'ampleur avec les progrès des méthodes actuelles de la meunerie.

Les recherches tendent désormais à se rapprocher des conditions d'emploi des farines pour aboutir ainsi, les exigences chimiques étant satisfaites, à l'amélioration de la qualité du pain. Aussi a-t-on entrepris l'étude de la pâte elle-même sous son double aspect statique et dynamique, c'est-à-dire de ses propriétés mécaniques et plastiques avant et pendant la fermentation. Cette étude qui, répétons-le, ne néglige pas de s'appuyer sur le dosage des constituants normaux, est réservée cependant à certains laboratoires spécialisés dotés d'un appareillage plus riche et en mesure de réaliser ce travail sur une grande échelle.

Notre exposé comprendra quatre parties :

Dans la première, après avoir décrit les caractères généraux de la contexture du grain de blé et un bref aperçu des cultures de la Tunisie, surtout celle des blés tendres, nous étudierons dans ses grandes lignes une réalisation d'un genre nouveau, les Silos de La Manouba, organisme très moderne, spécialisé dans le classement et le stockage des blés de force et doté en particulier d'une installation originale de lutte contre le charbon.

La seconde partie sera l'étude des appareils et procédés actuellement utilisés pour l'examen physique de la pâte des farines et mettant en œuvre :

1° *l'extensimètre de* CHOPIN,

2° *les deux appareils de* BRADENBER, *le farinographe et le fermentographe.*

Nous verrons comment les déterminations effectuées à l'aide de ces appareils permettent d'apprécier la valeur boulangère et nous jugerons de l'heureuse influence que ne manquent pas d'exercer les blés de force tunisiens incorporés aux blés dits « boulangers » dans le sens de l'augmentation de cette valeur.

La troisième partie sera une partie chimique où nous exposerons des méthodes simples, pratiques et qui nous ont toujours donné de bons résultats :

1° *Dosage de l'Azote total,*

2° *Dosage des Cendres,*

3° *Dosage du Phosphore et du Potassium.*

Nous ferons précéder ces méthodes de dosage de l'exposé d'un mode opératoire de destruction des matières organiques basé sur l'emploi d'un catalyseur au sélénium auquel nous avons apporté nous-mêmes quelques modifications et que nous recommandons aux chimistes pour sa rapidité et sa commodité.

Laissant volontairement de côté les dosages de l'acidité, et des matières grasses, qui ne présentent aucune difficulté par les méthodes ordinaires, nous dirons plus loin pour quelles raisons nous attachons une importance particulière au taux des cendres que nous considérons comme un véritable test lorsqu'il s'agit de comparer un échantillon donné de farine au type légalement arrêté. Ceci constituera la quatrième partie de notre travail, où nous ferons ressortir dans quelle mesure l'industrie et le commerce doivent obligatoirement s'appuyer sur les résultats acquis au laboratoire.

Enfin le lecteur trouvera au cours de cette étude la description de certains appareils d'une réalisation nouvelle, en particulier l'étuve et le four électriques de BRABENDER *pour les dosages de l'humidité et des cendres qu'il nous a paru intéressant de lui faire connaître pour lui permettre de mesurer d'une façon assez complète les progrès accomplis dans l'appréciation des blés et des farines.*

PREMIERE PARTIE

ETUDE PHYSIQUE

CHAPITRE I. — **GENERALITES SUR LES BLES ET LES FARINES.**

CHAPITRE II. — **CULTURES DE LA TUNISIE. BLES TUNISIENS.**

CHAPITRE III. — **LES SILOS DE LA MANOUBA.**

Chapitre I

GENERALITES SUR LES BLES ET LES FARINES

I. - NOTIONS SOMMAIRES SUR LA CONSTITUTION DU GRAIN DE BLÉ

Diverses espèces de graminées du genre Triticum produisent, inclus entre les glumes et glumelles de leurs épis, des fruits secs indéhiscents que nous connaissons tous sous le nom de grains de blé. Sans donner une description de leur aspect extérieur qui serait superflue, encore qu'il soit sujet à variations suivant les diverses espèces et variétés (blés durs, demi-durs, tendres) nous noterons seulement que ce fruit est un caryopse du fait que ses parois se trouvent intimement soudées à la graine. On y distingue au point de vue anatomique trois parties principales (fig. I) :

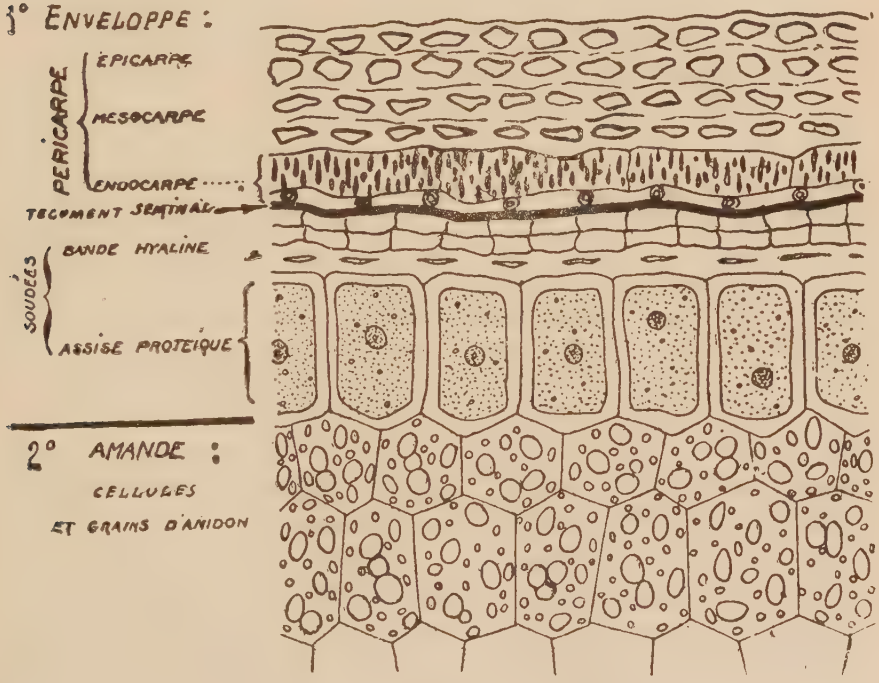


Fig. I. — **Coupe du grain de blé**

1° L'albumen ou endosperme, vulgairement appelée amande farineuse, qui forme en moyenne 83 % du grain, constitue l'aliment de réserve que doit trouver l'embryon au moment de la ger-

mination. Il est constitué par des grains d'amidon logés dans un réseau de gluten qui va en s'amincissant vers le centre. Cette partie profonde est la plus riche en gros grains d'amidon et la proportion de gluten y est moins élevée ; elle fournira une farine très blanche (fleur).

La zône moyenne où les grains d'amidon sont plus petits est plus riche en éléments azotés. Elle est moins blanche et donne la farine ordinaire (gruau blanc). La zône périphérique plus riche en gluten et moins amylacée encore apparaît plus colorée ; on en retire des farines bises (gruau gris).

2° Les enveloppes du grain de blé peuvent se diviser en deux parties :

a) l'enveloppe interne, intimement soudée à la première couche de l'albumen comprend trois assises, dérivées de l'ovule :

— l'assise protéique, riche en aleurone, qui renferme des diastases digestives destinées à rendre assimilables les réserves qui se trouvent à son contact. Les cellules sont épaisses, rectangulaires et renferment des petits grains cristalloïdes dits d'aleurone et des principes vitaminiques associés au carotène qui les colore en jaune, des complexes protido-phosphato-magnésiens et des éléments « oligo-synergiques » (manganèse, zinc, cuivre, etc...).

— la bande hyaline ou endoplèvre, pratiquement confondue avec l'assise protéique.

— le tégument séminal, soudé au péricarpe.

b) l'enveloppe externe comprend elle aussi trois assises : endocarpe, mésocarpe et épicarpe, et avec le tégument séminal constitue ce qu'on appelle pratiquement l'enveloppe du blé.

L'analyse chimique décèle une forte proportion de matières azotées (25 %) et de matières minérales (5 % environ) dans l'assise protéique, et des produits lignocellulosiques dans l'enveloppe externe (péricarpe et tégument séminal) où leur taux dépasse 75 %.

3° Le germe comprend gemmule, tigelle et radicule recouverts par le scutellum et ne représente qu'environ 1,5 % du poids total du grain. La masse des cellules du germe, fortement colorée en jaune par des pigments (carotène, xanthophylle) est imprégnée de gouttelettes huileuses qui lui donnent un aspect pseudo-granuleux

non homogène. Le taux des matières grasses dans le germe est en effet de 13,50 % environ, alors que dans le blé entier il reste inférieur à 2 % et à 1 % dans l'albumen seul. Nous noterons à ce sujet les recherches intéressantes de R. GEOFFROY sur les lipides des graminées : « Les matières grasses des farines, dit-il, en diminuent la valeur boulangère, elle jouent le rôle d'impureté dans le gluten, leur interposition dans les lamelles de protéines modifie la cohésion physique du complexe colloïdal et apporte un obstacle au développement total des forces attractives » [22].

Il est en outre certain que ces matières grasses, à indice d'iode élevé rancissent très facilement par fixation d'oxygène sur les liaisons éthyléniques et que l'acidité s'accentue très vite par vieillissement, cette réaction étant d'ailleurs tributaire de l'action de la lipase qui agit par transformation des glycérides en acides gras. Le germe est enfin riche en matières azotées et en substances minérales (phosphaphates solubles de K et Na, phosphates de Ca et Mg).

II. - CARACTÈRES GÉNÉRAUX DES FARINES BOULANGÈRES

Nous ne nous attarderons pas ici à décrire les différents modes de mouture du grain qui depuis l'antique *pistrina* romaine en passant pas les divers *moulins à meule* ont abouti aux minoteries à cylindres d'aujourd'hui qui sont de véritables usines, où, dit M. COUTIÈRE « on ne voit ni blé ni farine sur des parquets luisants » [14]. Leur outillage actuellement très parfait, consiste en cylindres cannelés tournant à des vitesses différentes et qui se partagent le travail, les uns ouvrant le grain et le dégermant, les autres curant l'enveloppe sous forme de son, les derniers obtenant des gruaux ou fragments d'amande de plus en plus fins jusqu'à la farine (convertisseurs). Ces batteries sont complétées par des appareils à blutter intercalés entre elles, constitués par des « plansichters » ou tamis de soie à secousses. Disons encore que la conversion du grain est précédée d'un nettoyage très important et difficile consistant à éliminer la terre et les pierres, les débris métalliques, les semences étrangères, les poussières, grâce à un agencement de trieurs magnétiques, laveurs à courant et à décantation, colonnes épointeuses et brosseuses, tarares aspirateurs, etc... et nous aurons ainsi fait entrevoir en quelques lignes à quel degré de perfection est parvenue la meunerie actuelle.

Ce qui caractérise le mieux une farine c'est son taux d'extrac-

tion; on appelle ainsi le rendement en toutes farines panifiables obtenu à partir de 100 Kg. de blé industriellement propre. Ce taux varie de 65 à 90 % et a donné lieu à des discussions passionnées. Il importe de ne pas confondre ce rendement avec le taux de blutage qui représente le pourcentage des issues.

Pour fixer les idées sur le taux moyen des constituants du grain de blé, voici un tableau résumé des résultats obtenus dans le dosage des principaux éléments, suivant R. LECOQ [28].

Humidité	12.75	%
Gluten desséché	8,08	—
Cendres	1.75	—
Phosphates (en $P^2 O^5$)	0.30	—
Matières grasses	1.64	—
Matières protéiques totales .	10.15	—
Azote total	1.62	—

Nous verrons plus loin que les valeurs sont un peu différentes pour les blés tendres qui font l'objet de notre étude.

Et voici les limites imposées par le cahier des charges des subsistances militaires pour les farines panifiables de Tunisie :

Farines aux taux d'extraction de 72 %

Humidité	12 à 15	%
Acidité	0.080	— (maximum)
Matières grasses	1.75	— (maximum)
Matières azotées	9,00	— (minimum)
Cendres	0,70	— (maximum)

Le gluten de ces farines, suivant les nombreuses analyses que nous avons effectuées, varie entre 10 grammes et 11 grammes et sa capacité d'hydration est voisine de 66 %. Les essais de tamisage ne laissent qu'un refus insignifiant au tamis N° 90.

CHAPITRE II

CULTURES DE LA TUNISIE

Les principales cultures de la TUNISIE sont ainsi représentées d'après la statistique agricole au 1er janvier 1940 :

1° *Céréales.* — Le tableau suivant fait ressortir les productions comparées des campagnes 1938-1939 et 1939-1940.

	1938-1939		1939-1940	
	Surfaces cultivées	Production	Surfaces cultivées	Production
Blés tendres boulangers	30.000 ha	260.000 qx	30.000 ha	200.000 qx
Blés tendres de force ..	139.000 ha	1.800.000 qx	158.000 ha	1.200.000 qx
Blés durs	740.000 ha	2.900.000 qx	480.000 ha environ	1.130.000 qx
Orge	616.000 ha	3.000.000 qx	300.000 ha environ	800.000 qx

2° *Vignes.* — Surfaces cultivées : 42.578 hectares,
Production de vin : 1.800.000 hectolitres.

3° *Oliviers.* — Nombre de pieds : 17.765.000,
Production d'huile : 400.000 à 600.000 quintaux.

BLES TUNISIENS

Les blés tendres de Tunisie appartiennent à trois variétés :

a) V. MAHON 73, venue d'Algérie,

b) V. BAROOTA 52, originaire d'Australie,

c) V. FLORENCE × AURORE, lignée 588. Dès 1930 une spécialisation s'est faite en Tunisie pour la production de cette variété qui, nous le verrons, par ses propriétés plastiques est appelée à concurrencer les blés de force type Manitoba du Canada. C'est un blé hybride envoyé en 1922 par le professeur SCHRIBAUX, de l'Institut National Agronomique [39]) au Service Botanique et Agronomique de la Régence qui a séparé et comparé un grand nombre de lignées.

La lignée 588 remise en 1925 à M. CAILLOUX, agriculteur à Souk El Khémis (500 grammes de semence), était représentée en 1930 par 700 quintaux récoltés sur 280 hectares. Depuis, la culture n'a cessé de s'accroître jusqu'à atteindre une surface moyenne de 150.000 hectares, avec une production de 1.500.000 quintaux environ.

Aussi la préoccupation constante des organismes qui ont la charge de diriger la culture est-elle de maintenir suffisamment pur le type adopté et ensuite de classer la production suivant les caractères propres à la région d'origine et à la récolte en cours par catégories dont on puisse garantir la valeur boulangère.

Ce travail indispensable de classement et de conditionnement est l'œuvre de deux organismes :

1. — Le Service Botanique et Agronomique de Tunisie, dont les laboratoires de chimie et de technologie, bien aménagés, ont le rôle de déterminer suivant les méthodes modernes la valeur boulangère des différents lots de blés. C'est aussi grâce à l'effort constant de ses techniciens qu'il a réussi à sélectionner les races les mieux adaptées aux sols et au climat et à en fixer deux particulièrement intéressantes à tous points de vue et surtout par leur haute valeur boulangère, ainsi que nous le verrons plus loin : le Florence-Aurore Koudiat et le Florence-Aurore Ariana. La récolte de 1940 a produit des blés qui doivent désormais prendre rang parmi les blés de grande force.

2. — Les docks-silos coopératifs qui rassemblent les récoltes de provenances diverses, procèdent à l'homogénéisation des lots, et leur assignent une place dans les catégories standardisées suivant les propriétés mécaniques révélées par l'examen extensimétrique des blés et des farines et suivant le poids spécifique compris entre certaines limites. Il est alors possible de livrer au commerce des blés ou des farines ainsi classés :

1. — Catégorie A : W[1] au-dessus de 300
2. — Catégorie B : W entre 300 et 250
3. — Catégorie C : W entre 250 et 200

La minoterie française habituée à incorporer ces blés de force aux blés métropolitains pour améliorer la valeur boulangère connaît ainsi la nature et la composition de la marchandise qu'elle acquiert et aussi les proportions et les conditions dans lesquelles elle doit suivant les régions effectuer ses mélanges pour obtenir une farine se panifiant mieux et un pain plus agréable à consommer, et de valeur nutritive plus élevée.

Rien ne peut d'ailleurs donner une meilleure idée de l'intérêt immédiat que le commerce français a porté à cette production nou-

(1) La lettre W est utilisée pour désigner l'indice caractéristique de la valeur boulangère des blés et farines qui sera étudiée en détail dans le chapitre qui a trait à la détermination des propriétés mécaniques des pâtes.

velle que les chiffres d'exportation des blés de force au cours de ces dernières années :

1935	305.000 quintaux
1936	415.000 quintaux
1937	474.000 quintaux
1938	735.000 quintaux

Chapitre III

LES SILOS DE LA MANOUBA

Nous avons résumé dans les quelques lignes qui précèdent l'œuvre en général des docks-silos coopératifs pour le traitement des blés tendres de force tunisiens.

Mais un autre problème s'est posé dès les premières années de l'extension de la culture du Florence-Aurore. En 1934 le charbon faisait son apparition et en 1936 les dégâts causés par cette maladie cryptogamique atteignaient déjà 20 % dans les récoltes de certains agriculteurs. Menace grave qui, si elle n'était jugulée immédiatement, allait ruiner le patient travail de sélection de dix années. C'est la culture même des blés de force en Tunisie qui était mise en jeu et la désinfection des semences s'imposait de toute urgence.

Aussi dans ce travail sur les blés tunisiens nous ne pouvons passer sous silence la magnifique réussite qu'a été l'installation anti-charbon au silo de La Manouba, près Tunis. Ce silo présente ainsi un ensemble complet remarquablement organisé pour le classement des qualités et la conservation des blés, mettant en œuvre les techniques les plus modernes, et trouvant place au premier rang de ce qui a été réalisé en France et en Afrique du Nord.

Disposition générale du silo de La Manouba

Ce silo est d'abord remarquable par sa capacité de stockage, puisqu'il peut recevoir jusqu'à 500.000 quintaux de blés.

Une première partie du bâtiment comprend 45 cellules de forme prismatique et d'une hauteur de 36 mètres, avec un avant-corps abritant la machinerie du nettoyage, les bureaux et le laboratoire. Ce bâtiment se prolonge par un magasin affecté à l'ensachage et à l'expédition. Cette première partie permet de stocker plus de 180.000 quintaux tant en vrac qu'en sacs. Sur les deux côtés longitudinaux du bâtiment se trouvent disposés deux quais de réception des blés,

l'un desservi par la voie ferrée, l'autre par la route. Ces deux quais permettent de déverser les lots de blés dans un grand nombre de trémies (64 d'une contenance de 150 quintaux chacune) abritées en deux files sous les cellules.

La deuxième partie du silo, mise en service en 1938, est constituée par 16 grands accumulateurs cylindriques de 40 mètres de haut alignés en deux files de huit et capables de contenir chacun 20.000 quintaux de blé, soit un total de 320.000 quintaux.

RÉCEPTION.

Les blés arrivant par voie ferrée ou par route sont reçus dans les trémies, ce qui rend facile l'isolement du contenu de chaque wagon ou camion et sa conservation pendant le temps nécessaire — deux jours au maximum — à l'échantillonage et à la détermination en laboratoire de la catégorie commerciale à laquelle ce blé devra être affecté.

Un premier examen sommaire fait connaître dans les moindres délais l'humidité du blé à l'aide de l'appareil de HEILAN par mesure galvanométrique (introduction d'un échantillon de 170 grammes environ dans un circuit électrique qui donne instantanément par lecture sur un cadran un chiffre minimum qui reporté sur une courbe permet de connaître le degré hygrométrique correspondant (12,50 % environ). On obtient aussi d'une façon simple le poids spécifique par pesée dans la trémie d'un trébuchet spécial et mesure dans une éprouvette graduée. Ensuite par triage on établit soigneusement le pourcentage des débris étrangers, des graines étrangères, du mélilot, des grains cassés, et surtout des grains punaisés. Tous ces résultats sont consignés dans un bulletin d'analyse sommaire, cependant qu'un échantillon est prélevé pour être dirigé sur le laboratoire de technologie.

HOMOGÉNÉISATION.

Après le nettoyage opéré dans quatre grands séparateurs, vient la phase la plus essentielle, celle de l'homogénéisation ou mélange des blés de façon à classer les lots divers dans des catégories présentant toujours les mêmes caractéristiques boulangères en vue de la livraison aux grandes minoteries.

A cet effet, une fois connus les résultats de laboratoire, on vide simultanément les trémies correspondant à la même catégorie, et par un système de bandes transporteuses on amène ce premier mé-

lange dans les cellules prismatiques du premier silo qui sont partagées en quatre quartiers ; lorsque les quatre quarts d'une cellule sont pleins, les grains sont de nouveau repris par un conduit unique et amenés du sous-sol par un transporteur à ruban pour être ensilés dans les grandes cellules. Opérant toujours suivant le même principe, on peut reprendre simultanément le contenu de plusieurs grandes cellules renfermant une même catégorie de blés et diriger le tout sur un accumulateur. Ce système est simple et permet le brassage des blés au cours de l'ensilage et des manutentions ultérieures.

Désinsectisation et Conservation.

Etant donné l'importance considérable des volumes de blés mis en stockage des précautions particulières ont été prises en vue de la désinsectisation et de la conservation.

Tout d'abord, les blés reconnus charançonnés sont dirigés sur une installation moderne de désinsectisation utilisant le mélange fumigant d'oxyde d'éthylène et de gaz carbonique. Les deux produits à la sortie des bouteilles d'origine, passent dans des vaporisateurs respectifs à chauffage électrique et sont introduits en proportions voulues dans un ballon de brassage ; puis le mélange est dirigé dans le circuit d'un ventilateur qui insuffle l'air chargé de fumigant dans les cellules affectées à la désinsectisation.

Ce produit est, avec l'anhydride sulfureux, le seul gaz agréé par le Conseil supérieur d'Hygiène et celui qui présente la plus puissante action insecticide.

Après un contact suffisant, les charançons, leurs larves et leurs œufs, sont complètement détruits.

En principe, tous les blés dont le stockage est prévu dans les grands accumulateurs de 20.000 quintaux sont préalablement désinsectisés par brassage dans l'installation précitée. On vient d'adjoindre à ce système une nouvelle installation mettant en œuvre le tétrachlorure de carbone.

Controle de la température

Des dispositions sont prises pour surveiller les variations possibles de température au cours de la conservation et on utilise pour ce contrôle un système électrique dit « à résistance »

Des sondes constituées par des thermomètres reliés électriquement

à un tableau central sont réparties le long d'un cable à des hauteurs diverses à l'intérieur des cellules. Le tableau central est disposé au rez-de-chaussée et, par l'intermédiaire de commutateurs à main, permet la lecture simultanée, par cellule, de la température des quatre sondes. La précision de la mesure de température du blé dans la région des sondes est de ± 0,5° C, et l'indication est instantanée.

INSTALLATION ANTICHARBON.

Les maladies des céréales appelées « charbons » sont causées par des champignons du genre Ustilago, ordre des Basidiomycètes. L'espèce qui s'attaque au blé est l'Ustilago Tritici ; les épis attaqués sont transformés totalement en une poussière noire à la suite de la destruction des glumes et des glumelles. Les spores dont la maturité coïncide avec la floraison sont portées par le vent sur les fleurs d'autres épis. Ces fleurs malgré la présence du champignon se développent normalement et donnent des graines fertiles. Mais les pieds provenant de la germination de celles-ci sont charbonnés, ce qui s'explique facilement car on retrouve le Mycélium de l'Ustilago dans l'embryon de la graine.

D'après BREFELD ce serait là le seul moyen de reproduction du charbon du blé dont les spores sont incapables d'infecter les jeunes pieds au moment de leur germination. C'est une indication très importante au point de vue du traitement des maladies charboneuses.

L'Ustilago Tritici est spécial au blé et incapable d'infecter d'autres céréales.

Le traitement des semences contre le charbon nu du blé est basé sur l'emploi de l'eau chaude. La méthode mise au point par le Service Botanique et Agronomique et appliquée au silo de La Manouba, consiste en une première immersion de 45 minutes dans de l'eau à la température +45° C (± 0,5) suivie d'une deuxième immersion de 10 minutes dans de l'eau à la température de +52° C.

A la sortie du second trempage, il faut opérer un douchage pour que l'action de la température ne se continue pas et le blé doit aussitôt être introduit dans un séchoir de manière qu'à la sortie de l'installation, il ne conserve plus qu'une humidité de 14 % afin de permettre sa conservation.

La plus grosse difficulté technique à résoudre fut de réaliser une durée précise de 10 minutes de séjour dans un bac d'eau chaude à

52°. Il faut disposer d'un volume d'eau chaude considérable dans le bac, et d'un système de régulation perfectionné pour que la température du bain reste constante en tous les points du bac.

L'installation réalisée au silo de La Manouba fonctionne en marche continue et permet de traiter 15 quintaux de semences par heure. Les deux bacs de trempage ont respectivement comme longueur 15 mètres et 12 mètres et on y fait circuler les grains maintenus entre deux bandes perméables en tissu de coco avançant à la même vitesse. A la sortie des bacs le décollement des grains est facilité par le jeu des deux rampes de jets d'eau (eau froide à la sortie du second bac pour que les grains ne conservent pas la température élevée de 52°).

Le système de séchage adopté est un tunnel à air chaud d'une longueur de 27 mètres où circule une bande perméable en tissu de coco ; le blé est étalé en couche mince sur cette bande et passe sous cinq zônes de ventilation ayant chacune un ventilateur capable de débiter jusqu'à 24.000 m^3 d'air à l'heure. Le premier ventilateur fonctionne à l'air froid, les quatre suivants à l'air chaud, mais la température ne dépasse pas 50-56°. La durée de l'opération est de 2 à 3 heures, et le blé sort avec un taux d'humidité d'environ 14 %.

Sans insister sur les détails mécaniques, disons seulement que l'installation du séchoir est complétée par un appareillage thermométrique avec galvano-enregistreur et par des thermostats agissant sur l'admission de vapeur dans les réchauffeurs d'air.

En somme rien n'a été négligé au point de vue de l'installation du chauffage, de la circulation de l'eau dans les bacs, de la régulation de la température, sans omettre le contrôle du bon fonctionnement, et on peut dire que les derniers perfectionnements de la technique ont été réalisés dans la construction du silo de La Manouba.

La sanction de la pratique a été immédiate et par les avantages qu'il a procurés à la Coopérative Centrale des Agriculteurs de Tunisie le silo de La Manouba a fourni la plus probante démonstration des dispositions préconisées pour la réception avec classement, la conservation du blé et l'amélioration des semences.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DES QUALITES MECANIQUES

CHAPITRE. IV. — **EXTENSIMETRE DE CHOPIN.**

CHAPITRE V. — **FARINOGRAPHE ET FERMENTOGRAPHE. RESULTATS OBTENUS.**

CHAPITRE VI. — **BLES PUNAISES.**

Chapitre IV

EXTENSIMETRE DE CHOPIN

La détermination de la valeur boulangère d'une farine ou d'un blé est désormais entrée dans la pratique courante de la minoterie. On a reconnu depuis longtemps que les nombreuses variétés de blés employés en meunerie conduisent à des farines qui se comportent très différemment chez le boulanger et que l'aptitude que possède une farine à se transformer en un pain bien développé, présentant une mie légère et facilement assimilable par l'organisme était une qualité essentielle capable de caractériser principalement cette farine. En conséquence les qualités commerciales d'une farine sont basées sur l'appréciation d'un certain nombre de facteurs qui sont justement ceux qui influent sur la qualité du pain.

L'industrie meunière ne se contente plus aujourd'hui de doser le gluten à l'état humide et à l'état sec, d'examiner les propriétés organoleptiques de ce gluten, et de chiffrer sa capacité d'hydratation.

L'essai isolé du gluten a de toute évidence l'inconvénient d'exclure l'étude des protéines solubles et plus généralement d'autres parties constitutives de la farine; en outre d'après M. Arpin lui-même [1] sa séparation exige le respect méticuleux de règles plus ou moins empiriques et une pratique éprouvée du modus operandi pour aboutir à des résultats à peu près constants; et puis enfin la méthode est longue.

Aussi, sans méconnaître l'importance de l'étude du gluten, on peut se demander s'il n'est pas possible de préjuger de la valeur boulangère d'une farine d'après les propriétés physiques du pâton lui-même. Dès 1919 les études de M. Chopin [10] sur les phénomènes présentés par les pâtes des farines l'avaient amené à conclure que certaines propriétés mécaniques de ces dernières étaient liées d'une manière étroite avec leur degré d'aptitude à la panification. L'emploi de la pâte de farine dans un état de plasticité voisin de celui réalisé dans le pétrin du boulanger présente l'avantage de faire entrer en ligne de compte sans discrimination arbitraire la totalité des parties constitutives de la farine.

Nous pouvons poser ainsi le principe de la méthode extensimétrique de CHOPIN :

« Etendre progressivement un fragment de pâte de l'état compact à l'état de membrane mince jusqu'à la limite naturelle d'extension de cette pâte. La mesure de cette extension comprend le relevé des changements de dimensions éprouvées par la pâte ainsi que l'enregistrement de la variation de l'effort nécessité par cette déformation. Cette mesure est faite sur la pâte de farine et non sur le gluten »

L'aspect initial et l'aspect final peuvent schématiquement être représentés par les figures ci-dessous (fig. II) :

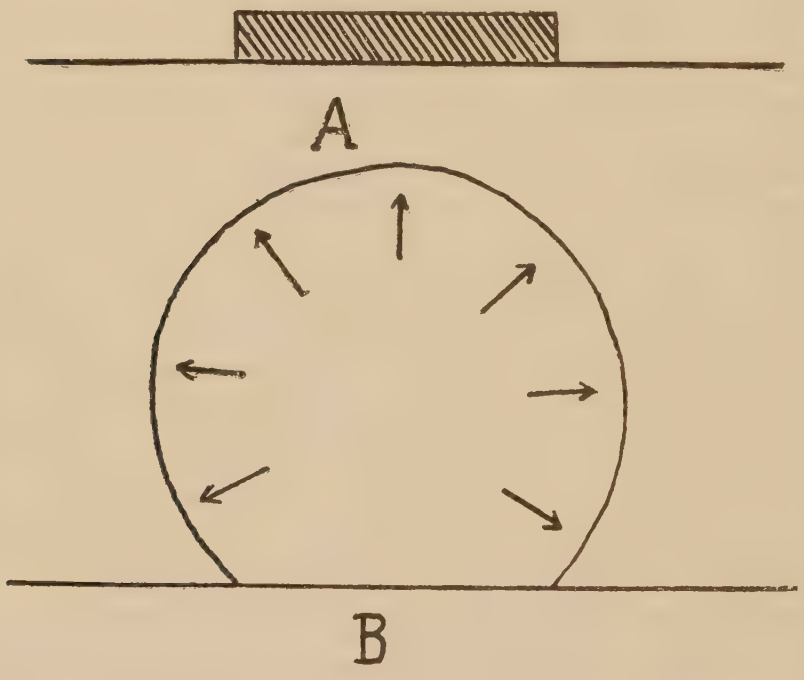


Fig. II. — A. **Avant extension.** — B. **A la limite d'extension**

DESCRIPTION DE L'EXTENSIMÈTRE.

L'appareil est constitué par :

1° Une allonge de verre A, dans laquelle sera envoyée à l'aide du flacon de manœuvre F, l'eau destinée à refouler l'air sous la pâte.

2° Un bâti de fonte B, surmonté d'une platine, sur laquelle peut être rabattue une seconde platine, sans toutefois pouvoir venir au

contact de la première, deux cales d'épaisseur règlant la distance minima qui doit séparer les deux platines.

3° La platine inférieure est percée, à son centre d'une petite ouverture tronc conique que l'on peut obturer exactement avec un pointeau manœuvrable de l'extérieur par une manette latérale.

Sous cette orifice est ménagée une chambre reliée d'une part à l'allonge de verre précitée, et d'autre part à un manomètre dont il sera question ci-dessous.

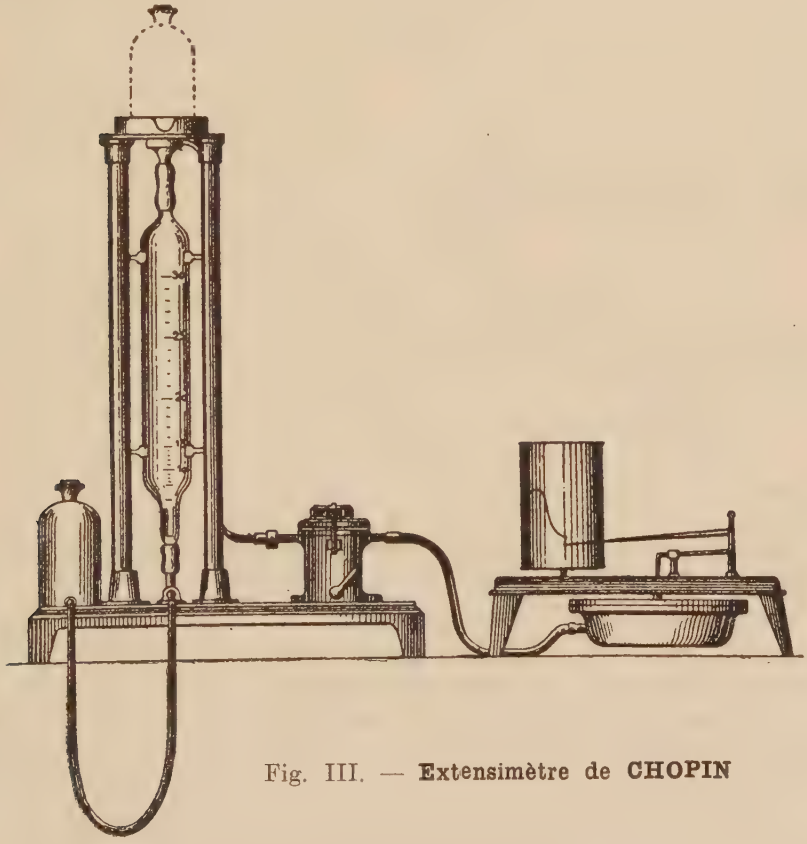


Fig. III. — **Extensimètre de CHOPIN**

La platine supérieure porte également une ouverture circulaire, mais de plus large diamètre et dont l'axe coïncide, dans la position de rabattement, avec celui de la platine inférieure. Cet orifice peut être obturé par un tampon ad hoc.

Un rhéostat et une circulation d'eau permettent de porter l'ensemble à la température voulue.

4° Un manomètre E actionnant un stylet qui enregistre le diagramme de l'opération sur un cylindre rotatif C mû par un mouvement d'horlogerie. Ce cylindre porte un levier d'arrêt; il peut en outre être ramené à un point de départ invariable.

*
* *

Les diagrammes que nous reproduisons ci-dessous ont été exécutés dans les laboratoires de technologie du blé du Service Botanique et Agronomique. Ces laboratoires particulièrement bien outillés et dont l'installation a d'ailleurs servi de modèle pour l'équipement de quatre minoteries importantes de Tunis, comportent :

1° une étuve de BRABENDER pour le dosage de l'humidité des échantillons de blé.

2° un appareil à conditionnement du blé pour obtenir le taux adéquat d'humidification de 15 %.

3° un petit moulin à tamisage mécanique ou plansichter.

4° un pétrin mécanique à vitesse constante maintenu à la température de 25° C par une résistance électrique de chauffage et circulation d'un courant d'eau.

5° enfin l'extensimètre de CHOPIN.

HUMIDITÉ. — DOSAGE :

Une question en apparence aussi simple que le dosage de l'humidité est en réalité de première importance, d'abord par le rôle que l'eau exerce sur la valeur commerciale et sur la conservation des blés, puis au cours de la mouture, et ensuite par l'influence qu'elle apporte, au point de vue qui nous occupe ici, sur la détermination des propriétés mécaniques des pâtes obtenues. Aussi, nous jugeons indispensable, avant de décrire le fonctionnement succinct de l'appareil de CHOPIN, de mentionner l'accord qui semble s'être fait par l'apparition dans les laboratoires de technologie, et même dans les minoteries, de l'étuve de BRADENDER qui mettra peut-être un terme aux controverses qui s'élevaient jusqu'ici.

L'eau des grains et des farines existe sous deux formes différentes : une fraction assez faible constitue l'eau hygroscopique, elle adhère faiblement et par capillarité; l'eau de combinaison au contraire fait partie constituante des grains et des farines et il est pro-

bable qu'elle est liée en grande partie aux protéines. Il semble qu'avec le dosage ordinaire à l'étuve à 100-110° on n'arrive pas à dessécher complètement les produits. Aussi KOSTER a-t-il adopté la température de 130° qui, pour une durée minimum, lui donne des résultats les plus constants. [25]

L'étuve de BRABENDER est une étuve électrique à ventilation à air chaud. Son originalité consiste en l'adjonction d'une balance de précision que le constructeur a réussi à loger dans une chambre ménagée dans son enceinte, ce qui permet d'effectuer les pesées à l'intérieur même de l'étuve et encore en ce que la lecture directe de l'humidité s'effectue sur une graduation qui se déplace devant une lunette éclairée.

Un plateau tournant situé dans la partie haute de l'étuve peut recevoir dix échantillons de farines dans ses dix coupelles étalonnées au poids de 11 gr. 50; et, par la manœuvre d'un levier, celles-ci peuvent être soulevées par un support à 3 pointes en relation avec le plateau de gauche de la balance.

Un simple commutateur assure la mise en route de l'étuve et on entend aussitôt la marche du ventilateur. Un thermomètre régulateur électrique est adapté à l'étuve; muni d'un contact fixe, il maintient la température intérieure à 130°. Cette température est atteinte au bout de 45 minutes de chauffage. A ce moment, chaque coupelle sera chargée de 10 gr. de farine exactement de sorte que, le plateau de droite étant garni de 21 gr. 50 en poids, la balance se trouve juste en équilibre, ce qui se traduira par la lecture du repère correspondant dans la lunette. On actionnera le plateau tournant et on opèrera de même pour les autres coupelles qui viennent automatiquement se présenter devant la porte de l'étuve.

Après un chauffage d'une heure à 130°, on peut lire la teneur en humidité. D'abord un commutateur sera tourné de manière que la balance soit éclairée et par la manœuvre d'un levier extérieur la première coupelle sera portée par le plateau de gauche de la balance. Dans le petit voyant dépoli, le chiffre d'humidité apparaît en pourcentage. Une nouvelle manœuvre du levier jusqu'à un déclic automatique et le deuxième échantillon se trouve au-dessus de la balance et prêt à être pesé. Et ainsi pour les dix échantillons. Quand la balance est éclairée, le chauffage est évidemment interrompu, si bien que les lectures se font à la même température qu'au moment de la mise en étuve.

On peut immédiatement procéder à une nouvelle détermination sur dix autres échantillons.

FONCTIONNEMENT DE L'EXTENSIMÈTRE :

Les conditions d'essais sont parfaitement définies et doivent être rigoureusement suivies. L'opération (dont la durée totale est d'environ 45 minutes) comprend deux temps :

A. — *Préparation de la pâte.*

Le poids de farine à employer avec le nouveau pétrin extracteur est de 250 gr. La quantité d'eau salée (25 gr. de Nacl par litre d'eau distillée) à ajouter est donnée suivant l'humidité de la farine dans le tableau qui accompagne l'appareil.

On verse la farine dans le pétrin maintenu à la température de 25° C. et entraîné à une vitesse constante. On verse l'eau en 15 secondes environ au centre du pétrin. Au bout de six minutes de travail on arrête le moteur. A la sortie du pétrin, la bande de pâte vient glisser sur la surface bien huilée d'une plaque métallique où on la découpe d'une façon régulière en 6 morceaux.

B. — *Essai à l'extensimètre :*

Après avoir soumis ces morceaux de pâte à un laminage, on y découpe six rondelles à l'aide d'un emporte-pièce et on les laisse reposer sous un couvercle pendant 20 minutes.

1° Au bout de ce temps, on place la première éprouvette sur la platine inférieure légèrement huilée de l'extensimètre, on rabat doucement la platine supérieure jusqu'à la rencontre des cales et on enlève le tampon permettant la division de la pâte en deux parties : l'une centrale formant un disque de dimensions bien définies, l'autre périphérique emprisonnée entre les deux platines et servant d'attache à la première.

2° le pointeau étant abaissé, décoller la pâte en envoyant, à l'aide du flacon de manœuvre, 10 cc. d'air, cette opération ne devant pas être enregistrée.

3° après avoir placé le flacon d'eau sur la plateforme située au-dessus de l'allonge, déclencher les départs simultanés du tambour d'enregistrement en appuyant sur le levier de mise en marche et du courant d'air en laissant s'écouler l'eau du flacon dans l'allonge.

4° surveiller l'extension de la pâte et lorsque l'on constate un point de rupture. arrêter simultanément le cylindre d'enregistrement et l'écoulement d'eau.

5° lire sur l'allonge, la division où affleure l'eau (G) :

— enlever à l'aide d'un emporte-pièce le disque de pâte qui a servi à l'expérience et qui sera ensuite pesé ;

— et remettre l'appareil en ordre de marche.

6° lorsque les six opérations sont terminées, peser les disques de pâte ayant participé à l'extension. Prendre la moyenne des six lectures effectuées sur l'allonge graduée et tracer le diagramme moyen sur lequel on effectuera ensuite les calculs.

Courbes extensimétriques. — Ténacité de la pate. — Indice de gonflement.

Examinons le résultat des essais à l'Extensimètre qui se traduit par l'inscription sur le cylindre enregistreur d'une courbe qui présente l'allure suivante :

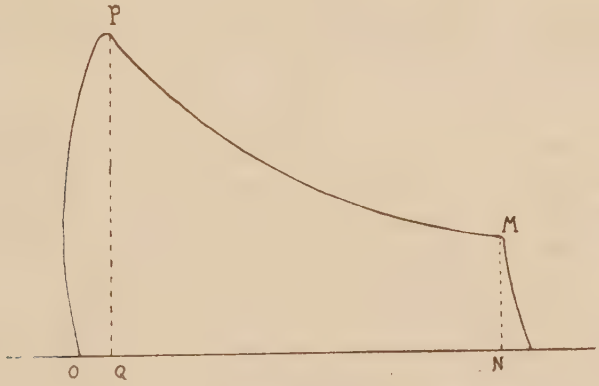


Fig. IV. — **Schéma d'extensigramme**

Dès le début de l'essai, sitôt après le décollement de la pâte par introduction d'air à la partie inférieure, la pression atteint un maximum et le stylet inscripteur monte rapidement jusqu'au point P, puis au fur et à mesure que l'extension se poursuit, la résistance offerte à l'écoulement de l'air diminue et le stylet enregistreur trace un arc de courbe PM qui se confond sensiblement avec un arc d'hyperbole équilatère. La pression de l'air s'annule enfin au moment de la rupture de la calotte sphérique, ce qui correspond au point M ; et le stylet retombe sur l'axe des abcisses.

L'ordonnée PQ qui représente la pression maximum correspond à la ténacité de la pâte pendant son état initial ; elle se mesure en millimètres d'eau.

L'abcisse ON représente la déformation lamellaire de la pâte ; elle correspond à un volume d'air Vr ayant entraîné la rupture de l'éprouvette.

Au cours de la panification l'accroissement de volume pris par la pâte est approximativement proportionnel à la racine carrée du coefficient d'extension de la pâte mesuré par le volume d'air Vr ayant entraîné la rupture de l'éprouvette et pour cette raison on appelle : Indice de Gonflement panaire, que l'on désigne par la lettre G, la racine carrée de ce volume.

Le W. — Sa mesure. — Sa signification.

La déformation de l'éprouvette de pâte exige un certain travail. A un certain moment l'insertion sous la pâte du volume d'air élémentaire dV sous la pression instantanée P correspond au travail $P \times dV$. Le travail total de déformation est donc obtenu en multipliant la surface du diagramme comprise entre la courbe, l'axe des abcisses et l'ordonnée finale MN par la valeur en ergs d'un centimètre carré.

On désigne par la lettre W le travail que nécessite la déformation d'une éprouvette d'un gramme de pâte se présentant sous la forme initiale d'un cylindre soumis à sa périphérie à un effort d'extension continu normalement à l'axe de ce cylindre jusqu'à ce que se produise la rupture de la membrane circulaire mince issue de cette extension, c'est-à-dire l'instant où P redevient nul.

Pratiquement on calcule W en planimétrant la surface du diagramme moyen ; le produit de cette surface par la valeur en ergs de 1 cm^2, donné par le tableau d'étalonnage de l'appareil, divisé par le poids de l'éprouvette de pâte mise en expérience donne le W.

Exemple : soit une surface de 35 cm^2 8 et 46.450 la valeur en erg de 1 cm^2, si le poids de pâte sur lequel ont porté les essais d'extension (Pg) est de 8 gr. 25 on aura un W de :

$$\frac{46.450 \times 35{,}8}{8{,}25} = 201{,}6 \times 10^3 \text{ ergs.}$$

Dans l'expression du résultat on n'énonce pas les trois derniers chiffres ; et dans ce cas on dira que le W est de 202 en chiffres ronds.

La valeur en ergs de 1 cm^2 de diagramme est déduite de la pression d'eau dont 1 cm. détermine un effort de 981 baries, et de la vitesse de son écoulement (nombre de cm^3 écoulés pendant le temps employé à tracer 1 cm de longueur d'abcisse). Comme l'écoulement

d'eau n'est pas d'une vitesse constante (la différence des niveaux des 2 vases communiquants diminuant au fur et à mesure de cet écoulement) la valeur en ergs d'un cm^2 diminue avec l'augmentation du gonflement. Ainsi chaque gonflement (ou valeur de G) à 0,1 près comporte sa valeur en ergs spécifique, ainsi qu'il est facile de le constater sur nos courbes (fig. V, VI, VII). L'étalonnage de l'extensimètre s'établit en tenant compte des facteurs suivants : vitesse d'écoulement d'eau, vitesse de la rotation du tambour enregistreur et du rapport entre la pression réelle et la pression enregistrée sur le diagramme.

Ce facteur W qui croit avec la surface du diagramme dépend par suite de la pression et du gonflement et il est souvent seul indiqué comme résultat de l'essai d'extension. Le W est en relation avec les qualités plastiques de la pâte et il est donc un indice essentiel de la valeur boulangère d'une farine. Il ne faut cependant pas prendre ce chiffre à l'absolu et il est essentiel de tenir compte d'un judicieux équilibre entre la ténacité et l'élasticité. On peut apprécier cet équilibre par le rapport entre l'ordonnée QP et l'abcisse ON mesurés en millimètres sur le diagramme. Ce rapport est optimum aux environs de 0,55.

*
* *

En résumé, les résultats pratiques obtenus à l'aide de l'extensimètre de CHOPIN seront consignés dans trois chiffres :

1° Le P ou ténacité de la pâte, mesurée en millimètres d'eau par la hauteur maximum du diagramme moyen. La quantité d'eau employée par le boulanger pour pétrir la farine sera plus grande lorsque P sera plus élevé. Ce qui s'explique facilement, car la pâte essayée à l'extensimètre renferme toujours la même quantité d'eau ; donc si on observe une grande ténacité, autrement dit une grande fermeté de la pâte, le boulanger sera conduit à y ajouter plus d'eau pour arriver à la consistance optimum.

2° Le G ou indice de gonflement de la pâte, chiffre lu directement sur l'éprouvette graduée (racine carrée du volume d'air qui provoque la rupture). Le G d'une farine est en relation étroite avec la quantité et les qualités de son gluten, et il est facile de constater sa valeur constamment élevée dans les blés de grande force de Tunisie (21,1 et 21,5).

3° Le W enfin ou travail de déformation de la pâte obtenu comme

nous l'avons indiqué ci-dessus; il constitue avec le G. un indice de la valeur boulangère et une mesure de la force des farines.

DIAGRAMMES FOURNIS PAR DIVERS BLÉS DE FORCE :

Avant la reproduction des diverses courbes extensimétriques, nous avons groupé dans le tableau ci-dessous les résultats que nous avons obtenus avec des échantillons de blé Florence-Aurore de la lignée 588 récoltés en diverses régions de la Tunisie en 1940 et dont voici les principales caractéristiques (Laboratoire de technologie du Service Botanique) :

	P	G	W	P. s. (1)
Souk el Khemis	103	20,3	281	83
Souk el Khemis	92	18,9	206	82,5
Medjez el Bab	97	25,0	342	83.5
Bou-Arada	108	19,2	273	80.5
Béjà	124	20,1	333	81.0

Puis voici les graphiques des blés après leur classement dans les catégories des docks-silos (récolte 1940) : il y en a trois : première catégorie A, dont le W est supérieur à 300; deuxième catégorie B, dont le W est compris entre 250 et 300; et troisième catégorie C, dont le W est compris entre 200 et 250. (fig. 5, 6 et 7).

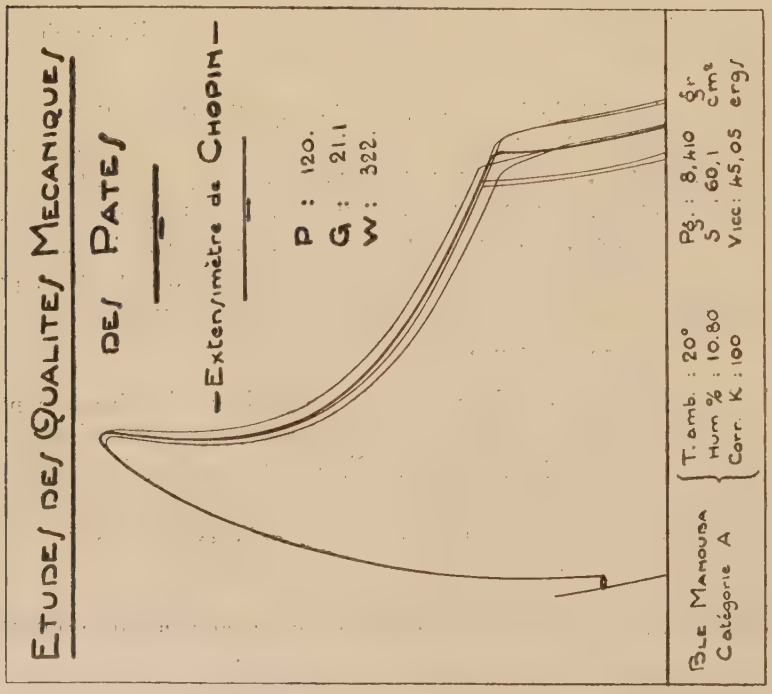


Fig. V.

(1) Poids spécifique.

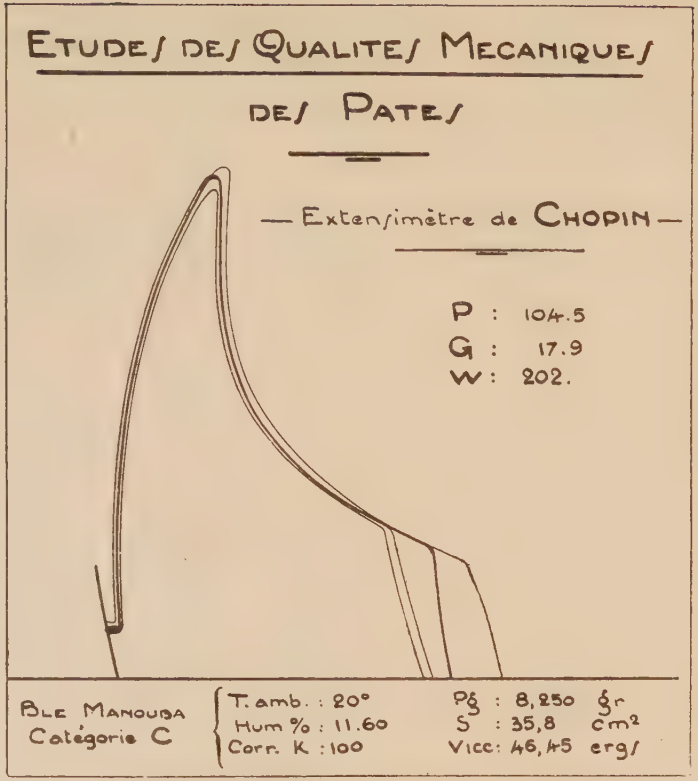


Fig. VII.

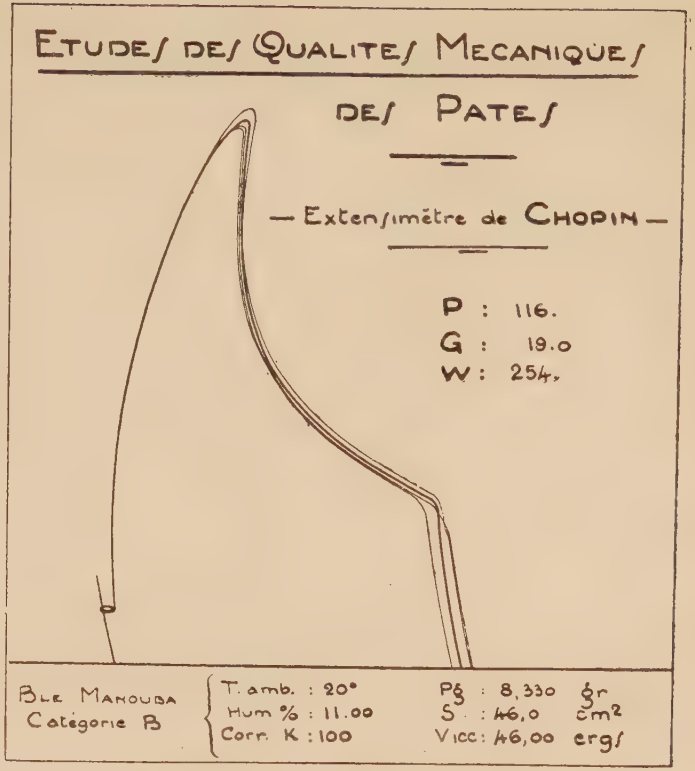


Fig. VI.

A titre de comparaison nous pouvons donner les caractéristiques obtenues avec un blé de pays :

P	36
G	18,2
W	54

et les chiffres fournis par l'examen des blés de deux régions pour ne citer que les plus connues, et une variété sélectionnée de France :

	P	G	W	G.H.	G.S.
Pays de la Beauce	35	19	65	26,5	8,2
Pays de la Brie	38	19,5	75	27	8,7
Vilmorin 27	64	20,7	168	39,5	10,35

Il est évident que le diagramme de ces blés aura bien moins d'ampleur que ceux qui méritent la dénomination de blé de force, ce qui est dû en premier lieu à la faiblesse de la valeur de P qui atteint à peine le tiers de celle des Florence-Aurore. Le gonflement est presque satisfaisant, mais néanmoins la disproportion entre les valeurs de P et de G est trop accentuée.

Et pour terminer, nous donnons deux représentations (fig. 8 et 9) l'une d'une farine boulangère courante, l'autre d'une farine anormale au point de vue des caractères chimiques et dont voici d'ailleurs les compositions :

Caractères organoleptiques :

Essai Pékar	qq. piqures	qq. piqures
Acidité (en $SO^4 H^2$)	0,079	0,220
Matières grasses	1,72	3,45
Cendres	0,74	2,42
Humidité	11.	10,83
Gluten sec	11,23	8,88
Tamisage : N° 90	0,10	0,10
N° 120	0,35	0,25
N° 150	2,20	3,30
N° 200	14,70	5,80
Passage au tamis 200	82,65	90,55

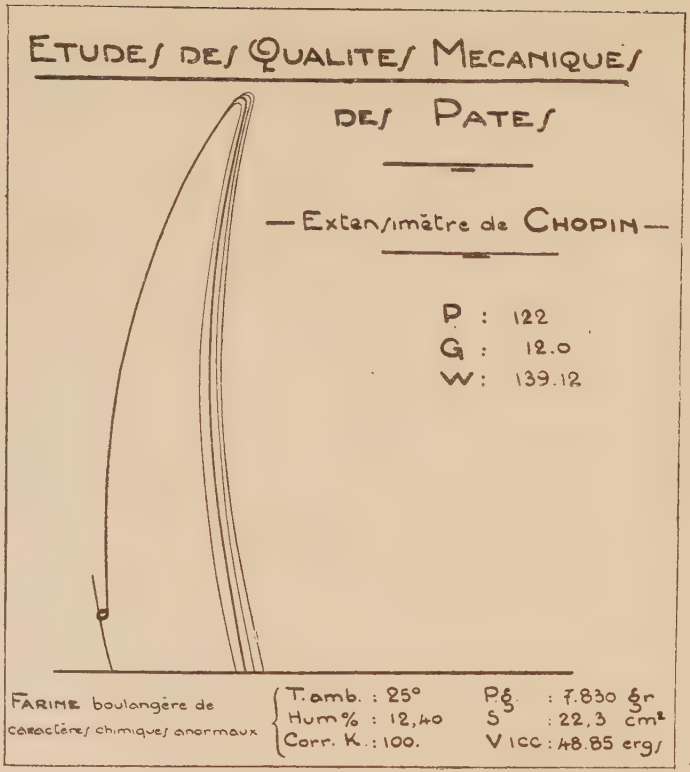


Fig. IX.

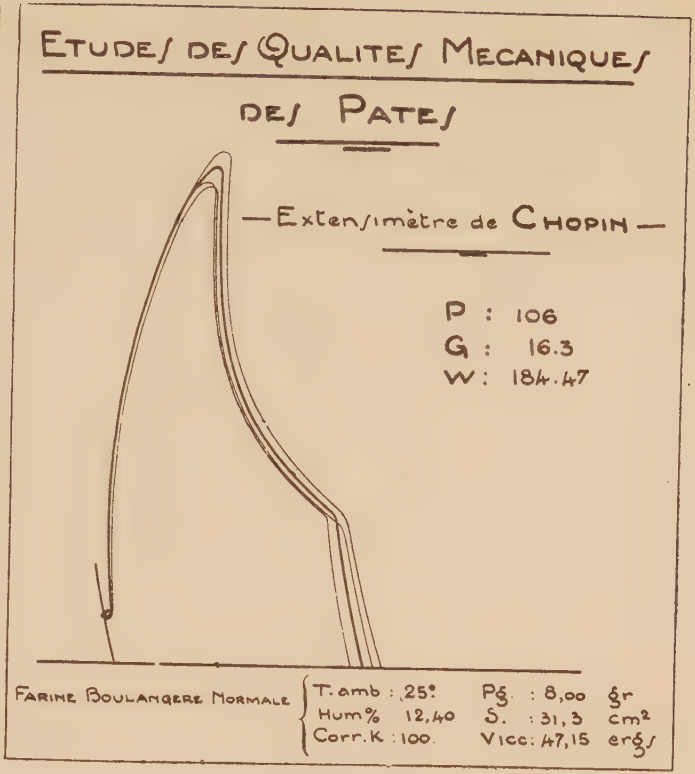


Fig. VIII.

Leurs caractères de plasticité sont les suivants :

	P.	G.	W.
I.....	106	16,3	184
II.....	122	12	139

La première de ces farines a une composition conforme à celle qui est exigée en boulangerie, la seconde est de composition anormale (matière grasse, acidité et cendres dépassant largement les taux admis ; poids de gluten inférieur et encore les qualités organoleptiques de ce gluten se sont montrées nettement défectueuses, ce qui est confirmé par ailleurs par le diagramme extensimétrique (G beaucoup trop faible et tout à fait anormal).

En conclusion on voit qu'il est nécessaire pour l'appréciation du W de tenir compte des valeurs respectives de P et de G et de n'admettre comme farines de force que celles dont la ténacité et le gonflement ne risquent pas de tomber au-dessous des limites dont la proportionnalité est indispensable.

OBSERVATIONS.

1° Des expériences nombreuses ont montré que les propriétés mécaniques d'une pâte de farine dépendent d'un assez grand nombre de facteurs (température, quantité d'eau ajoutée, travail de la pâte, etc...) de telle sorte qu'il a été nécessaire de fixer dans les moindres détails le mode opératoire pour assurer la comparabilité des résultats. Cette mise au point a permis d'exclure pratiquement l'influence de l'opérateur lorsque celui-ci est parfaitement entraîné à ce genre de mesure.

2° On a signalé des W dépassant 400 et atteignant aux environs de 500. Si l'on pense que la limite inférieure peut s'abaisser jusque vers 30 et même 20, on se rend compte que la force d'une farine oscille entre des limites très étendues. Sachant d'autre part que le W d'un mélange de farines est la moyenne des W des constituants du mélange, suivant la règle de M. CHOPIN appelée « règle d'additivité des propriétés mécaniques des constituants », le meunier peut facilement calculer les proportions des blés à mélanger pour obtenir une farine de force déterminée et assurer avec constance à ses livraisons tel ou tel taux de W. Ainsi :

80 % de farine de W 75
20 % de farine de W 250

produiront un mélange dont le W est calculé de la façon suivante :

$$\frac{(75 \times 80) + (250 \times 20)}{100} = 110.$$

3° Enfin d'après les observations de M. Bœuf la force d'un blé augmente au cours de la conservation après récolte ; cet auteur cite l'exemple d'un blé Florence × Aurore 588 qui a donné à l'expérimentation les résultats suivants :

	P.	G.	W.
1er Août	75	17,5	143
1er Février	102	20,3	256

Il semble cependant que dans la moyenne des récoltes il serait vain de s'attendre à un taux d'élévation aussi marqué et qu'on peut tout au plus espérer qu'un blé dont le W approche de 200 arrive à dépasser cette limite de quelques points et ainsi à se faire admettre dans la deuxième catégorie.

Chapitre V

LE FARINOGRAPHE

Aussi intéressantes que soient les indications fournies par l'extensimètre de Chopin, elles ne constituent qu'un premier stade dans l'étude de physique de la pâte. On obtient à l'aide de cet appareil deux données d'ordre purement statique concernant l'état de la pâte avant la fermentation.

— la valeur P traduit la pression à l'intérieur de la bulle et comme conséquence pratique on sait que plus cette valeur est élevée, plus il convient d'ajouter d'eau à la farine;

— l'indice de gonflement G correspond à la racine carrée du volume d'air de la bulle au moment de la rupture.

Et l'on est arrivé à fixer des valeurs de l'indice G et de la grandeur W au-dessous desquelles la panification est défectueuse.

C'est là un résultat important auquel on se borne le plus souvent dans la pratique commerciale.

Mais ces données ne renseignent pas sur le comportement de la pâte pendant la fermentation; en outre une pâte fermentée ne peut être essayée à l'extensimètre. Aussi un grand progrès est-il réalisé par le *farinographe* de Brabender [6] qui permet une véritable étude dynamique de la pâte, fournissant des données sur la consistance de la pâte, le temps de développement, son élasticité, sa résistance aux efforts mécaniques, et livrant inscrit sur un film le comportement de la pâte pendant tout le temps de sa manipulation par le boulanger, au cours du pétrissage et pendant la fermentation. Cet appareil complète très heureusement les indices de l'extensimètre.

Description du farinographe.

L'appareil comprend les organes suivants :

a) un pétrin dynamométrique (1) formé de deux palettes tournant en sens inverse qui étirent et replient alternativement la pâte effectuant un malaxage énergique;

b) un moteur électrique (2) calé sur l'arbre du pétrin et suspendu par ses deux bouts d'arbre à des paliers supplémentaires (3); la force absorbée par le pétrin tend à faire tourner l'enveloppe du moteur en sens inverse. Cette enveloppe est équilibrée par un frein de Prony avec amortisseur à huile (5), le frein actionne une aiguille indicatrice (6) et une autre aiguille qui trace une courbe sur un enregistreur (7).

L'ensemble fonctionne comme un électro-dynamomètre, indépendant du frottement dans les paliers et des variations de tension du courant.

c) un appareil thermo-central (8) maintient une température constante dans le pétrin et dans l'amortisseur à huile.

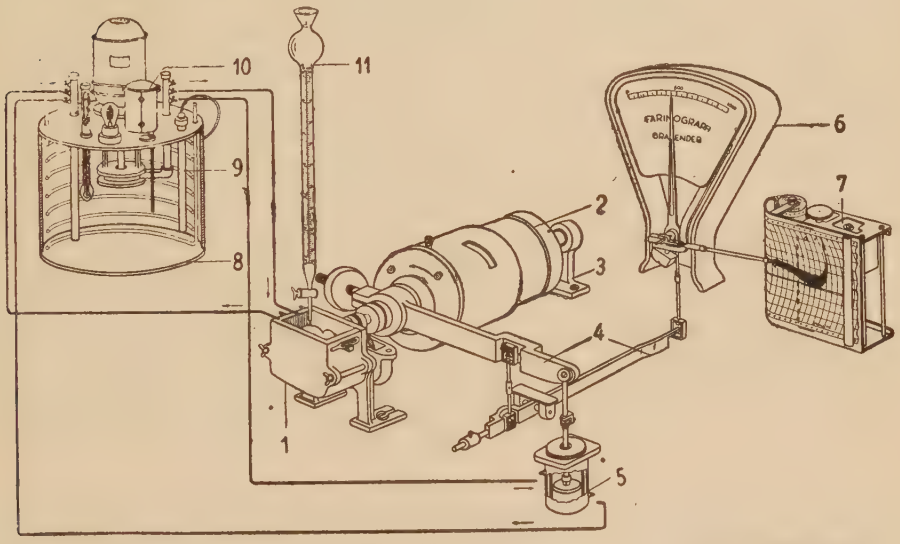


Fig. X. — Farinographe de **BRABENDER**

FONCTIONNEMENT.

Les essais au *farinographe* s'effectuent en deux temps :

a) on verse dans le pétrin 300 gr. de farine et une certaine quantité d'eau distillée déterminée empiriquement, soit 45 % ; après quelques instants de marche dès que farine et eau sont mélangées, on arrête quelques minutes, afin de donner au gluten le temps de se gonfler ; on remet en marche et on ajoute de l'eau goutte à goutte, à la burette,(11) jusqu'à ce que l'aiguille marque par exemple 500 (abcisse). Ce chiffre est arbitraire ; on choisit celui qui correspond à la consistance de la pâte habituellement exigée par la pratique de la boulangerie. L'aiguille (6) doit rester constante pendant au moins 10 à 15 secondes. La quantité d'eau ajoutée indique le pouvoir d'absorption de la farine pour l'eau.

Une fois que l'on a choisi le chiffre de consistance désirée, toutes les farines seront additionnées d'eau pour obtenir ce chiffre qui rend uniforme le point de départ de toutes les déterminations ultérieures

et permet de connaître le pouvoir d'absorption de chaque farine pour l'eau, détermination importante qui donnera l'indication sur le rendement du pain en poids.

b) On recommence l'opération en ajoutant en une seule fois l'eau nécessaire et l'on met en marche les appareils indicateur et enregistreur. Les palettes du pétrin étirant et repliant alternativement la pâte, l'aiguille de l'enregistreur subit des oscillations et trace une ligne plus ou moins large, les oscillations se recouvrant par suite du déroulement assez lent de la feuille de l'enregistreur. On obtient ainsi une courbe sur laquelle on relève les éléments suivants :

1° temps de développement, jusqu'au moment optimum des qualités ;

2° stabilité, durée des qualités au même niveau ;

3° élasticité, traduite par la largeur de la courbe ou amplitude des oscillations qui sont dûes à une série d'étirements et de relâchements de la pâte entre les palettes ;

4° degré d'afaiblissement au niveau de la courbe après dix minutes de travail.

Les trois premières données sont des valeurs d'ordre positif, et la quatrième est d'ordre négatif. Une farine est d'autant plus forte que les trois premiers facteurs sont plus grands et le quatrième plus petit ; une farine est d'autant plus faible dans le cas opposé. Autrement dit avec un blé de force, on obtiendra une courbe de développement long ; à grande stabilité, à degré d'affaiblissement nul ou presque nul.

Un blé faible montre l'inverse des caractères sus-indiqués : développement très rapide, stabilité très courte ou nulle, degré d'affaiblissement très marqué.

Ces caractères ressortent sur les schémas que nous reproduisons ci-dessous.

En dernière analyse on peut appeler « courbe de maturation » d'une pâte, la partie de la courbe pendant laquelle cette pâte conserve sa consistance et son élasticité.

Fig. XI. — **Farinogramme de Blé dur extra**

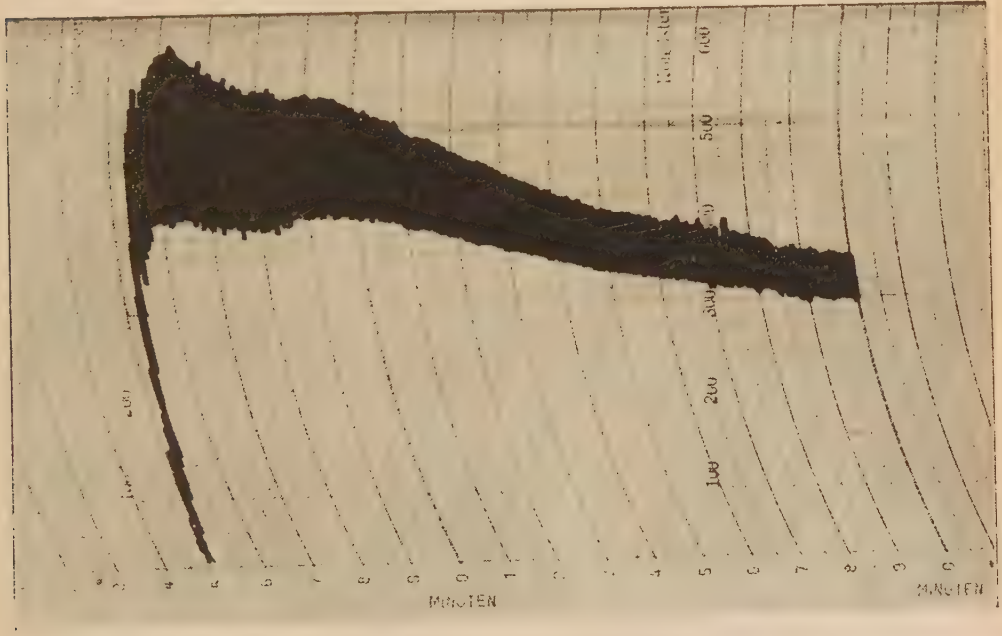


Fig. XII. — **Farinogramme de Blé tendre Baroota 52**

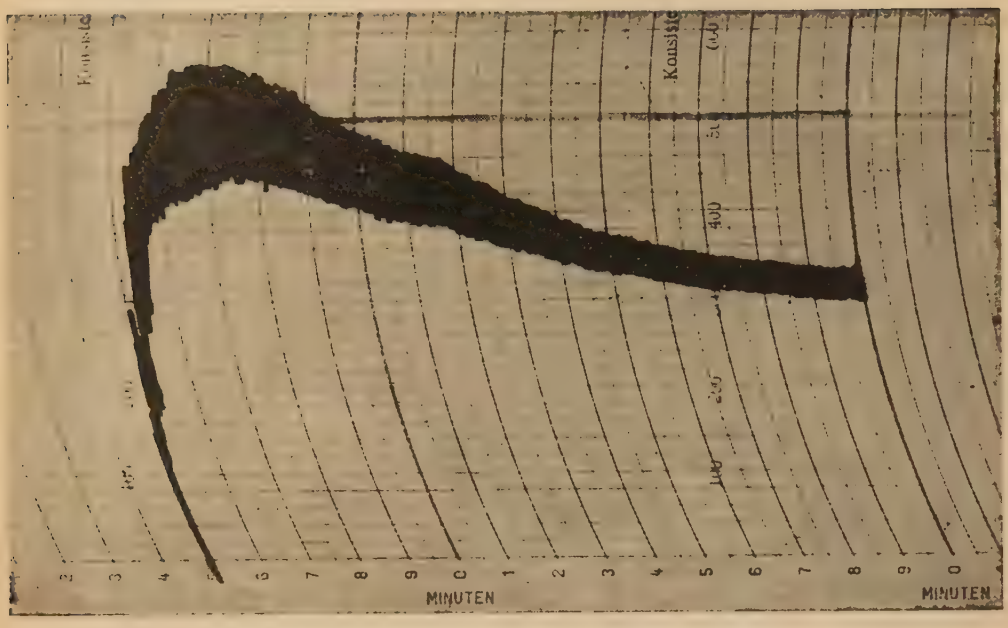


Fig. XIII. — **Farinogramme de Blé tendre Mahon 73**

Fig. XIV. — **Farinogramme de Blé tendre Pusa-Florence**

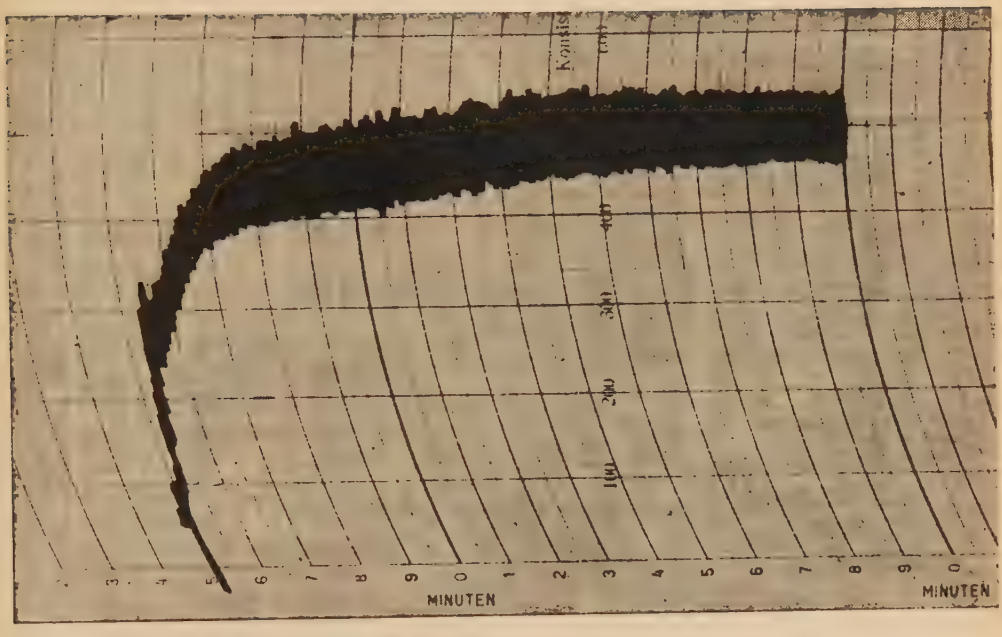


Fig. XVI — **Farinogramme Blé tendre Florence-Aurore (1935)**

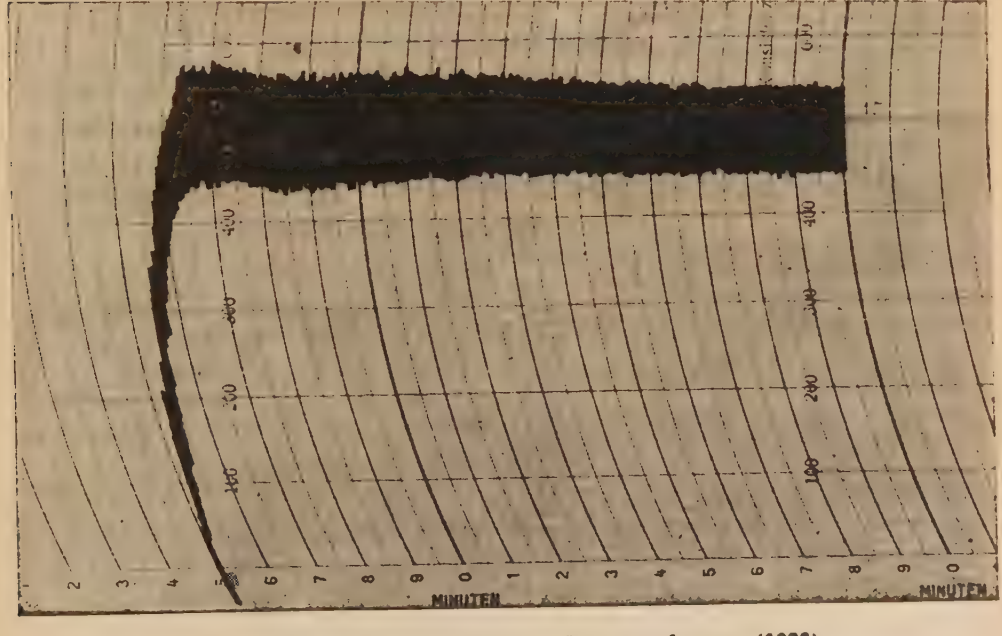


Fig. XV . — **Farinogramme Florence-Aurore (1936)**

FARINOGRAMMES.

Avec la reproduction du schéma de l'appareil, nous mettons ici sous les yeux du lecteur des farinogrammes obtenus avec des échantillons très divers de blé. (Récoltes 1933-1935 et 1936).

A) La première courbe est celle d'une farine de blé dur extra. On peut observer un temps de développement rapide (une minute et demie) — stabilité faible (ne dépassant pas deux minutes) et degré d'affaiblissement élevé. Ce degré d'affaiblissement est calculé en planimétrant la surface comprise entre l'axe d'abcisse choisie (à 500) la courbe du farinogramme d'une part, le temps étant compté après la dixième minute et la fin de l'expérience fixée à quinze minutes d'autre part. Cette surface dans le cas présent est de 18 cm^2 8.

B) La courbe 2 est celle d'un Baroota 52. On note ici un développement extrêmement rapide ; une stabilité un peu plus grande que dans le cas précédent (dépassant 4 minutes) mais la surface d'affaiblissement est très développée (23 cm^2 1).

C) Courbe 3. — V. Mahon 73. — Temps de développement court. — Faible stabilité (trois minutes et demie). — Grande surface d'affaiblissement (27 cm^2 3).

D) Courbe 4. — V. Puzza-Florence 381. — Avec cet échantillon l'aspect de la courbe change. Le développement de la courbe est encore rapide, mais la stabilité devient beaucoup élevée (elle dépasse dix minutes) et la surface d'affaiblissement est très diminuée (9 cm^2 1). Nous entrons ici dans le domaine des blés de force à W élevé pouvant atteindre 200 et même bien au-delà.

E) Cette courbe représente le farinogramme d'un Florence-Aurore. Le développement est encore rapide, mais la stabilité devient très grande, se maintenant à peu près jusqu'à la fin de l'expérience et la surface d'affaiblissement devient presque insignifiante (1 cm^2 4).

F) Et enfin voici la courbe-type donnée par un très bon blé de force de la V. Florence-Aurore —. On constate que le temps de développement de la pâte est très long et n'est complet qu'après la dixième minute. La stabilité est encore parfaite à la quinzième minute. Le degré d'affaiblissement est nul. Fig. XVI

Nous devons signaler les observations de M. MATWEFF, [30] Chef de travaux du Service Agronomique de Tunisie, dont les essais ont

porté sur environ 250 échantillons de blé récoltés en 1932, année d'excellente production ; il a obtenu avec des blés de grande force des farinogrammes pourvus d'un temps de développement très long, jusqu'à 10-12 minutes, de très grande stabilité, formant une courbe caractéristique en dos de chameau, analogue conclut-il, aux courbes de MANITOBA N° 1. Puis se plaçant dans les conditions normales de la panification, il a constaté que l'addition de sel dans la proportion adoptée en boulangerie, ainsi que l'abaissement de la température de 30° C (fixée par l'inventeur du farinographe) à 25° C améliore les farinogrammes quant à leur tenue.

M. MATWEFF[1] a cherché de plus à établir une analogie entre les résultats obtenus à l'extensimètre et au farinographe et à les rattacher à ceux qui sont fournis en fin de compte par la panification.

Dans ce but, il a voulu réunir les différents facteurs fournis par le farinogramme et pouvoir juger de la courbe par un seul chiffre F analogue au W de l'extensimètre, et donnant une indication numérique de force, et en définitive de la valeur boulangère d'une farine. On saisit l'importance de cette détermination si l'on se souvient que le farinogramme est la reproduction graphique d'un essai dynamique de la pâte qui a enregistré le comportement de cette pâte durant un laps de temps prolongé, en plein travail, alors que les phénomènes de la fermentation sont déjà en cours. M. MATWEFF appliquant ses essais pendant une durée de quinze minutes, est arrivé à en déduire la formule suivante :

$$F = \frac{(\text{Absorption d'eau} \times 4 - 180) + 10 \times \text{T. Développt.} + 2\,(100 - \text{S.A} \times 2{,}5)}{4}$$

Il a ainsi réussi à fixer les valeurs de F pour les 6 courbes précédentes :

A = 47,5
B = 30,5
C = 30,1
D = 57,5
E = 77,7
F = 89,7

On constate que le facteur stabilité n'intervient pas dans la formule, étant en relation inverse de l'affaiblissement, et ainsi que nous l'avons dit plus haut, le degré d'affaiblissement est évalué non par

(1) *NOTE.* — Nous remercions bien sincèrement M. MATWEFF qui a bien voulu nous communiquer ces résultats encore inédits.

le temps de chute de la courbe, mais par la surface comprise, entre l'axe d'abcisse et la partie moyenne de la courbe de la dixième minute jusqu'à la fin de l'expérience.

CONCLUSIONS. — Le pétrin farinographique de BRABENDER soumet la pâte à un travail intense qui tend à désagréger le complexe colloïdal de la pâte, lequel résiste plus ou moins bien suivant les qualités propres de la farine primitive.

La supériorité de cet appareil vis-à-vis de l'extensimètre réside surtout dans le fait que l'on réalise une pâte d'une consistance déterminée correspondante à celle utilisée par la boulangerie locale et que l'on peut calculer le pourcentage d'absorption d'eau grâce au niveau de la courbe à son point culminant.

Un autre avantage est inhérent à la construction de l'appareil; on sait que la température de la pâte influe énormément sur ses qualités plastiques; à ce point de vue la centrale thermique et les parois creuses du pétrin, entièrement construit en bronze, réalisent un maintien rigoureux de la température de la pâte (à $\pm$ 0°,1 près). Par contre, le farinographe seul présente deux imperfections; ce sont l'impossibilité de réaliser le gonflement, facteur important en panification, et le manque d'expression globale des propriétés mécaniques comparable au W, auquel tente de remédier la formule expérimentale donnée par M. MATWEFF.

Ces deux lacunes sont, paraît-il, comblées à l'heure actuelle. BRABENDER construit un Extensographe, lequel permet d'étirer la pâte en membrane mince, comme le fait l'extensimètre, non pas à une consistance quelconque, mais à une consistance bien déterminée puisque la pâte provient du pétrin farinographique.

Ce constructeur a également imaginé un Valorimètre, règle de calcul spéciale, permettant d'exprimer la courbe par un seul nombre de 0 à 100 en se basant uniquement sur la stabilité et le degré d'affaiblissement.

LE FERMENTOGRAPHE.

Après avoir étudié la pâte d'une farine sous le double aspect de son état physique, statique et dynamique, autrement dit avant fermentation et pendant la fermentation, il est important de compléter les résultats obtenus par une donnée d'ordre chimique : celle de la force diastasique ou capacité de formation de CO^2 sous l'influence de la levure. Une pâte d'une élasticité satisfaisante ne pourra en ef-

fet fournir un pain volumineux que si la quantité de CO^2 produit pendant la durée normale de la fermentation panaire est suffisante.

Le fermentographe, complément indispensable du farinographe, conçu également par BRABENDER, permet de suivre la production du CO^2 dans la pâte pendant un temps donné.

Le principe de l'appareil est basé sur la loi d'Archimède relative à la poussée verticale que subissent les corps solides plongés dans un milieu liquide. La pâte pétrie au farinographe, enfermée dans un ballon de caoutchouc (1) hermétiquement clos (2) est placée dans un bassin d'eau maintenue à 30° C (3). Le système est alourdi par un lest et suspendu à un ensemble de leviers (5) qui se déplacent et font l'inscription du CO^2 dégagé, ce dernier allégeant le corps en plongée en fonction du volume du gaz. On obtient un film analogue à un farinogramme grâce au déplacement du papier d'enregistrement et les inscriptions peuvent facilement être relevées d'heure en heure (6).

Comme pour le farinographe nous donnons ci-dessous le schéma de l'appareil et un modèle de graphique, ainsi qu'un tableau des résultats obtenus[1] avec quelques échantillons types de blé.

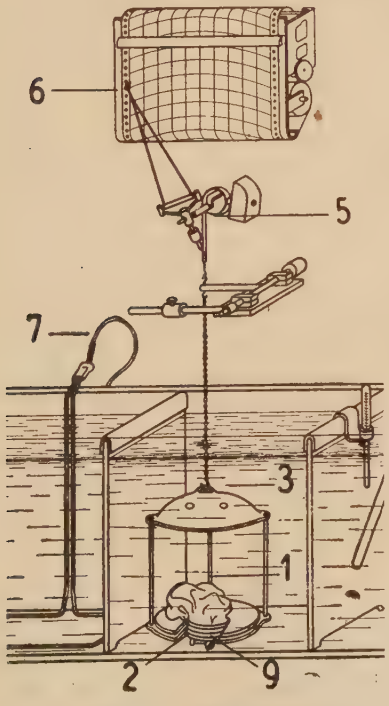


Fig. XVI. — **Fermentographe**

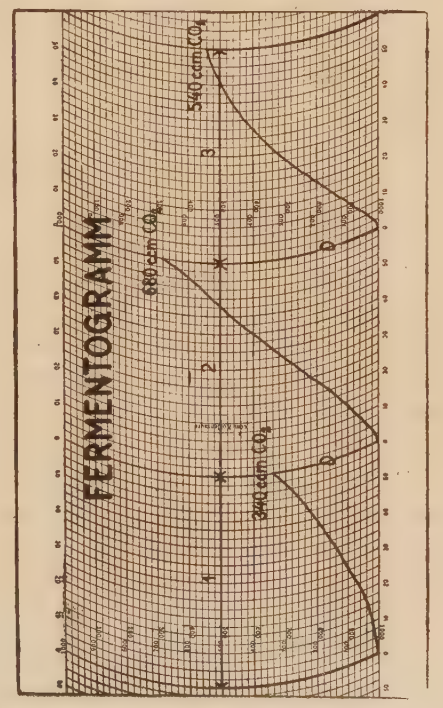


Fig. XVIII. — **Fermentogramme**

(1) Archives du Service Botanique et Agronomique de Tunisie; travaux des années 1935-1936.

Variétés	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	Total
Manitoba	350 cc	480	620	180	1630 cc
Baroota 52	350	360	170	0	880 cc
Blé français	400	340	230	0	970 cc
Florence-Aurore 588 ...	380	440	540	320	1680 cc

Ce tableau montre encore à ce point de vue que les blés de force Florence-Aurore 588 soutiennent la comparaison avec les blés Manitoba et même que le dégagement de CO^2 se maintient au-delà de la quatrième heure à un taux très appréciable, ce qui nous apporte la preuve de ses excellentes propriétés diastasiques et fermentatives.

Le fermentographe permet aussi d'expérimenter les levures et les divers améliorants employés en boulangerie.

*
* *

A la suite de l'étude détaillée de l'extensimètre et du farinographe, nous donnons dans 2 tableaux ci-joints les résultats obtenus dans les essais sur les blés de force de Tunisie, d'après les travaux du laboratoire de technologie du Service Botanique et Agronomique.

Le 1er tableau se rapporte aux blés récoltés en 1936, et les échantillons analysés proviennent des diverses régions productrices, situées surtout dans la région Nord de la Tunisie de part et d'autre de la Medjerda.

On voit que le W de ces blés se maintient à un chiffre élevé. en moyenne entre 250 et 300. La ténacité P est assez variable et atteint souvent une grande hauteur. Quant à l'indice du gonflement, il donne des chiffres très satisfaisants, assez souvent au-dessus de 22.

Les essais au farinographe permettent également d'établir des conclusions très favorables, et on a pu s'en rendre compte dans l'interprétation des courbes. Nous donnons simplement ici le pouvoir d'absorption et la valeur de F calculée suivant la formule de M. MATWEFF et nous constatons qu'en général ses variations concordent avec celle du W.

Il reste la question de la quantité de gluten. Si l'on compare avec les analyses faites sur les blés Manitoba, on doit reconnaître que les blés tunisiens sont moins riches en gluten, mais le pourcentage est néanmoins suffisant pour assurer une bonne panification étant donné d'autre part les qualités plastiques des pâtes obtenues.

Le 2e tableau concerne les blés de la récolte de 1940 et nous sommes heureux d'apporter les remarquables résultats auxquels est parvenue la culture tunisienne au bout de quelques années d'efforts soutenus. Il apparaît tout de suite que toutes les valeurs, que ce soient celles de l'extensimètre ou celles du gluten, peuvent soutenir la com-

	1936	Extensimètre			Farinographe		Gluten			P. S.
		P	G	W	Abs	F	Humide %	Sec %	Cap. Hyd. %	
1	St-Cyprien	102,9	21,1	299	60,6	82,9	29,40	10,60	63,9	83,5
		104,4	22,8	344	61,7	87,8	35,20	12,48	64,5	83,0
2	Béjà	78,8	20,3	234	60,7	85,2	26,40	9,48	64,1	79,5
		103,9	20,7	280	60,8	83,2	28,28	9,80	65,3	79,0
3	Souk El Khémis ..	112,5	20,4	319	63,3	87,0	31,40	10,92	65,2	78,5
		117,3	20,6	346	63,3	86,8	31,52	11,00	65,1	78,5
4	Segermes	73,1	22,3	214	58,3	80,5	27,20	9,30	65,8	82,0
		69,3	22,9	200	59,0	78,0	25,90	0,04	65,9	82,0
5	Ousseltia	89,9	20,4	232	60,0	73,8	26,04	9,20	64,6	81,0
6	Le Sers	103,1	19,9	264	61,8	80,7	24,72	9,16	62,9	81,0
		109,2	20,2	272	61,8	80,3	27,04	9,68	64,2	—

Essais géographiques — Récolte 1940
Champs d'expériences cultivés avec Florence-Aurore
V. Koudiat et V. Ariana

N°s	Variétés et origines	P	G	W	Glutèn humide	Gluten sec	Hydra-tation	Cendres %	Poids spécif.	Matières grasses	P2 O5
1	Koudiat I Del.	98	21,5	310	34,3	11,6	66,2	1,57	81,0	1,86	0,70
2	— Pla.	111	21,3	374	37,2	12,8	65,6	1,56	81,5	1,82	0,70
3	— Gag.	113	21,2	370	34,2	11,4	66,8	1,45	81,5	1,79	0,65
4	— Dut.	90	22,9	360	46,4	15,8	66,0	1,42	81,0	1,74	0,60
5	— II Del.	107	20,2	296	34,6	11,6	66,4	1,62	82,5	1,82	0,74
6	— Pla.	109	21,7	374	38,0	12,7	66,6	1,50	81,0	1,77	0,65
7	— Gag.	115	22,4	383	37,2	15,9	67,0	1,35	81,5	1,75	0,66
8	— Dut.	105	23,6	439	46,3	12,3	65,8	1,41	81,5	1,75	0,71
9	Ariana 8 Del.	104	21,5	332	35,3	12,1	65,[illegible]	1,63	82,5	1,78	0,91
10	— Pla.	111	22,3	404	36,4	12,5	65,8	1,44	82,0	1,81	0,70
11	— Gag.	112	21,6	387	36,1	11,9	67,0	1,34	81,5	1,77	0,62
12	— Dut.	105	25,0	495	46,6	15,7	66,4	1,41	81,0	1,75	0,66
13	— Ren.	112	23,1	432	35,1	13,3	66,8	1,36	81,0	—	—
14	— Nor.	101	20,5	302	29,6	9,8	66,8	1,31	77,5	—	—

paraison avec les meilleurs d'entre les Manitobas, et bien des fois même se montrent supérieurs. Si nous faisons la moyenne des W de ces 14 échantillons nous arrivons au nombre de 375 qui ne manquera certes pas d'impressionner nos amis Canadiens. De leur côté le taux du gluten et le poids spécifique sont toujours élevés.

Le taux des cendres est obtenu sur le blé total à l'aide de la méthode à l'acétate de magnésie que nous indiquons plus loin et il est rapporté au poids de 100 grammes de blé sec.

En général les blés Florence-Aurore sont peu riches en matières minérales (maximum 1,63 %).

Et voici pour terminer la reproduction de deux extensigrammes exécutés à l'aide des blés de la récolte d'une même région (Dut. N° 4 et N° 12) W = 360 et 495. Ils sont typiques par l'harmonie des divers constituants qui font leur qualité.

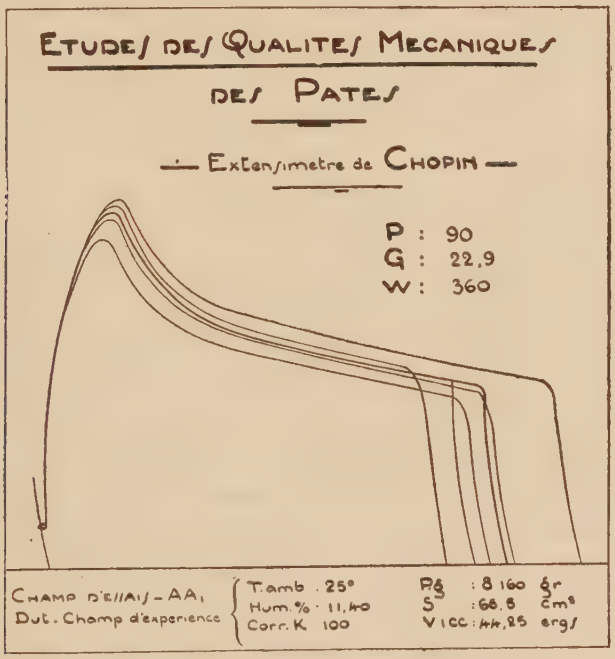


Fig. XIX. — **Blé Florence-Aurore** (Réc. 1940)

— ténacité pas trop élevée, mais se maintenant à une bonne valeur pendant longtemps si bien que au moment de la rupture, la courbe est placée à un niveau élevé au-dessus de l'horizontale.

— gonflement très accentué.

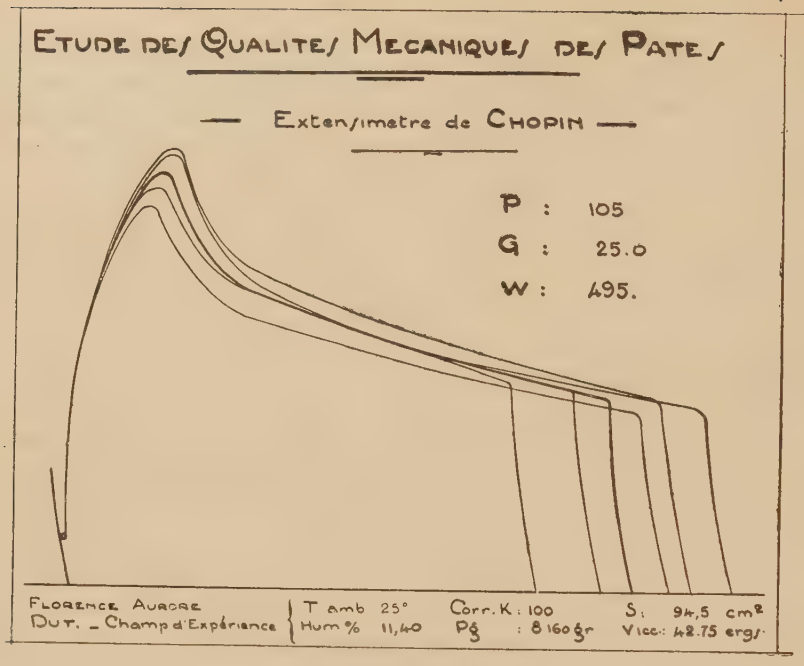


Fig. XX. — **Blé Florence-Aurore** (Réc. 1940)

En somme l'allure générale de ces courbes est ce qu'on peut espérer rencontrer de mieux dans l'essai des blés de force.

Nous nous proposons de poursuivre l'étude de ces variétés particulièrement intéressantes du Florence-Aurore et de compléter le tableau ci-dessus par les déterminations chimiques de l'azote sous ses différentes formes, de l'acide phosphorique et du potassium à l'aide des méthodes de dosage systématique que l'on trouvera exposées en détail au chapitre suivant.

A titre documentaire voici les chiffres caractéristiques de farines de blés Manitoba de la 1re catégorie suivant R. GEOFFROY. [22]

	P	G	W	Gluten humide	Gluten sec
Hard Manitoba . I Pacific	101	23,1	393	45	15,45
Manitoba I	91	21,8	280	36,4	13,6

Chapitre VI

BLES PUNAISES

Si les affections d'origine cryptogamique (rouille, carie, charbon) sont en général assez bénignes[1] pour les grains de blé, il n'en est pas de même lorsqu'ils sont attaqués par un insecte, la punaise, les grains étant dans ce cas complètement inutilisables en meunerie.

Les punaises des blés sont connues depuis 1870, année où elles firent en Russie d'importants dégâts et toute la gravité du mal a été ressentie en Tunisie en 1935 où l'affection se généralisa sur presque toute l'étendue du pays.

Les blés piqués par des punaises des genres Aelia, Eurygaster et autres présentent à la surface des grains soit des taches blanchâtres caractéristiques, soit des déformations (zone de dépression avec plissement du tégument) plus ou moins prononcées suivant la violence et l'époque de l'attaque. Cette attaque a lieu dans les champs, lorsque le grain est dans l'épi encore à l'état pâteux ou même à maturité; le mode de détérioration des grains est le suivant : la punaise ou sa larve (il n'y a qu'une génération par an, l'accouplement des insectes s'effectuant en mars-avril sur les céréales) se nourrissent de préférence entre autres matières végétales, de l'albumen des céréales; elles piquent le grain en traversant avec leur rostre glumes et glumelles et injectent leur liquide salivaire, riche en diastases protéolytiques, qui amènera la liquéfaction des matières albuminoides solides; l'insecte peut alors absorber sa nourriture d'où résultera un vide partiel au niveau de la piqûre. Les grains jeunes sont arrêtés dans leur développement et on distingue même à l'œil nu sur le grain mûr une zône déprimée ou une tache bien délimitée, blanchâtre, souvent avec un point foncé à l'endroit de la perforation. La première conséquence est la réduction de dimension des grains avec abaissement du poids spécifique qui peut tomber à 60.

Mais il y a une autre conséquence plus grave; outre la disparition du gluten des zônes touchées par la piqûre et la solubilisation partielle des composés azotés de l'assise protéique, il subsiste encore

(1) du moins d'une manière immédiate au point de vue de l'utilisation en boulangerie.

dans les grains des traces de liquide salivaire qui seront suffisantes pour rendre la farine punaisée impropre à la panification. En effet avec un taux de grains piqués supérieur à 0,50 % la pâte fermentée présente de graves défauts : elle manque de corps, elle colle aux mains, la tourne est très difficile et impossible à partir de 4 à 5 % de grains piqués, la pâte devenant visqueuse et filante. Le pain en provenant reste plat, la mie est grossière, la croûte difforme.

Ces inconvénients peuvent être pressentis et c'est pourquoi au silo de La Manouba on pratique très soigneusement la recherche et le comptage des grains punaisés ; puis aux examens de laboratoire on s'apercevra que l'extraction du gluten est malaisée ou impossible ; enfin les extensigrammes seront parfois profondément modifiés, le gonflement ou indice G étant fortement diminué, le W peut tomber à des chiffres très bas (de 138 à 20 pour un blé punaisé à 8 %).

Utilisation des blés punaisés.

Les modes de panification avec tourne immédiate après le pétrissage et à pâte dure (pain arabe, pain italien) peuvent tolérer jusqu'à 10 ou 15 % de grains piqués, mais au-delà il est difficile d'imaginer quel parti on peut en tirer. On a cependant tenté un essai fructueux de traitement des blés tendres nord-africains à texture cornée pour la semoulerie, en s'organisant de manière que les parties attaquées tendent à passer dans les queues de mouture (farines secondes). D'ailleurs la fabrication des pâtes alimentaires, employant des pâtes très dures et avec un repos minimum, ressent très peu l'action des punaises. Néanmoins au-dessus d'une certaine proportion le défaut de ces pâtes apparaît à la cuisson ; elles abandonnent à l'eau une quantité notable de leurs principes et leurs qualités gustatives en pâtissent.

En résumé, l'action du liquide salivaire de l'insecte est prolongée et elle est favorisée par l'hydratation, par l'élévation de la température et par la durée du contact dans une pâte.

On a tenté sinon d'enrayer, au moins de diminuer les méfaits dûs aux punaises des blés par l'action de diverses substances sur le blé, la farine ou la pâte, mais il ne semble pas que l'on soit encore parvenu à des résultats positifs applicables dans l'industrie. Nous citerons cependant les essais portant sur un conditionnement

du blé avec élévation de température à 60-65° qui ont déjà abouti à une notable diminution de la virulence.

Cette virulence peut être déterminée par plusieurs méthodes; la plus simple est le comptage des grains punaisés dans un échantillon moyen; on utilise deux portions de 50 grammes de grains à examiner, on retire tous les grains piqués, on les pèse et on établit le pourcentage en poids. La méthode de Brabender avec repos d'une heure ou de trois heures, permet de constater l'abaissement du deuxième tronçon de courbe par rapport au premier.

L'extensimètre de Chopin a été utilisé en France pour cette détermination. La farine punaisée est incorporée à une farine saine témoin d'une valeur W de 120 à 150; et G de 20 à 26. On fait l'essai de la farine témoin seule et du mélange ainsi déterminé; on réserve la moitié des pâtons qui ne seront soumis à l'essai qu'après un repos de trois heures. La virulence est exprimée par la formule:

$$W = \frac{Wt - Wm}{Wt} \times 100$$

où Wt exprime le W du témoin après trois heures de repos

et Wm exprime le W du mélange après trois heures de repos.

On a pris la virulence égale à 40 comme limite supérieure pour un blé loyal et marchand.

TROISIEME PARTIE

ÉTUDE CHIMIQUE

CHAPITRE VII. — **MATIERES PROTEIQUES**

CHAPITRE VIII. — **MATIERES MINERALES**

CHAPITRE IX. — **METHODES D'ANALYSE**

Chapitre VII

MATIERES PROTEIQUES

L'albumen du grain de blé est constitué de cellules polygonales irrégulières à membrane mince renfermant à la fois des globules d'amidon et des protéines gluténogènes; il représente en moyenne 83 % du poids total du grain.

La partie centrale est la plus amylacée et les grains d'amidon y atteignent une dimension de 30 à 35 μ; elle est peu riche en protéines.

La proportion des matières azotées va en croissant dans la zône intermédiaire et plus encore dans la zône périphérique qui se trouve en contact direct avec l'assise protéique qui, elle, est très riche en composés gluténogènes et par suite moins amylacée (les grains d'amidon sont là de faible diamètre, 3 à 5 μ) Buchanan et Naudain ont remarqué que ce sont les farines des blés de force qui contiennent le plus de petits grains d'amidon. [9bis]

Les grains d'amidon sont logés dans un réseau de gluten qui va en s'amincissant vers le centre; pour employer le style imagé de R. Geoffroy [22], ce réseau « joue le même rôle que l'armature de fer dans un construction en ciment armé, le béton étant constitué ici par l'amidon ». La partie interne de l'albumen, la plus tendre, fournit une farine très blanche, mais pauvre en gluten (fleur); la zône moyenne est moins blanche mais plus riche en éléments azotés, elle donne la farine ordinaire (gruau blanc); la zône périphérique est celle qui contient le plus de gluten, elle apparaît plus colorée, on en retire des farines bises (gruau gris).

Ce noyau d'albumen farineux est bordé à la périphérie par une couche de cellules rectangulaires contenant de nombreux grains d'aleurone agglomérés dans un réseau protoplasmique huileux et des diastases (céréaline, agrégat de deux diastases, l'une oxydante et l'autre hydrolysante et probablement des diastases protéolytiques).

Certains auteurs classent cette assise protéique comme faisant partie de l'enveloppe, parce que intimement soudée au tégument interne elle est toujours entraînée avec le son dans les conditions habituelles de la meunerie et aussi que pour des raisons économiques on n'extrayait que la farine blanche provenant de la partie centrale de l'albumen. Aujourd'hui recherchant le rendement maximum on désagrégera le plus possible cette assise de ses attaches

avec les couches internes de l'envloppe et ce faisant on introduira dans la farine une quantité de matières azotées qui était délibérément perdue.

ÉTUDE CHIMIQUE DES PROTÉINES DES FARINES DU BLÉ.

En première analyse, les matières azotées de la farine comportent une faible proportion de corps azotés solubles et une forte proportion d'une substance azotée complexe, le gluten, considéré pratiquement comme insoluble dans l'eau, puisqu'il résulte d'une lixiviation.

Mais OSBORNE et ses collaborateurs ont entrepris une étude d'ensemble des matières azotées mises en réserve par les graines, et on connaît depuis assez longtemps certaines inclusions cellulaires, formées de substances protéiques cristallisées; on sait en particulier que le cristalloïde des grains d'aleurone présente les réactions des matières protéiques.

Les matières protéiques des grains de blé appartiennent au groupe des protéines simples et se répartissent entre les quatre catégories : Albumines, Globulines, Prolamines et Glutélines.

a) *Albumines.* — *Leucosine* du blé. — Découverte par OSBORNE, elle forme 0,4 % seulement du grain; par contre l'embryon peut en contenir jusqu'à 10 % et elle paraît ici combinée à l'acide nucléique. Comme toutes les albumines des plantes, la leucosine est soluble dans l'eau pure et sa solution coagule par la chaleur. Elle est soluble dans les solutions salines diluées et peu soluble dans l'alcool faible. Enfin elle est précipitée de ses solutions aqueuses par le chlorure de sodium ou par le sulfate de magnésium à demi-saturation.

Par ses propriétés la leucosine se rapproche des albumines végétales que l'on retrouve dans les graines de légumineuses (légumé-line des pois, lentilles, fèves, soja; phaséline des haricots) et aussi des substances toxiques du ricin et du croton (ricine et crotine).

b) *Globulines.* — Les globulines végétales qui constituent la majeure partie des protéines chez les légumineuses (légumine et vicilline des pois et des fèves, phaséoline des haricots) n'existent qu'en proportion très faible dans le grain de blé. OSBORNE trouve cepen-

dant dans les grains qu'il a examinés 0,8 % d'une substance insoluble dans l'eau, soluble très facilement dans les solutions salines très diluées, plus riche en azote que les autres parties du grain.

c) *Prolamines.* — Le groupe des prolamines est caractéristique des végétaux supérieurs et se trouve représenté par les protéines solubles dans l'alcool : gliadine du blé, hordénine de l'orge, zéine du maïs. Aucune de ces trois substances ne contient de lysine ni de glycocolle, tandis qu'elles sont très riches en acide glutamique (37,4 % dans la gliadine) et que la proline varie de 7 % (gliadine) à 13,7 % (hordénine).

La gliadine forme la partie soluble dans l'alcool à 70° du gluten du blé (Taddei). Elle est également soluble dans les alcools méthylique, propylique, benzylique, le phénol et l'acide acétique. La gliadine est également soluble dans les solutions alcalines étendues; aussi Fleurent procède-t-il à son isolement en traitant le gluten par de l'alcool à 70° additionné de 3 % de potasse.

Le point isoélectrique de la gliadine en solution aqueuse à 1 % a été trouvé à 5,76 (HOFFMANN et GORTNER). Le pouvoir rotatoire varie de — 53° à — 130° suivant les solvants et suivant les concentrations

d) *Glutélines.* — Les glutélines constituent un groupe de protéines uniquement végétales qui se rapprochent des globulines végétales (légumine des pois, édestine du chanvre, etc...) par leur insolubilité dans l'eau pure et par leur richesse en acide glutamique.

La substance représentant ce groupe dans le grain de blé est la gluténine, constituant principal du gluten avec la gliadine; c'est une substance complètement insoluble dans l'eau et dans les solutions salines; pratiquement insoluble dans l'alcool à toutes concentrations; son point isoélectrique se situe à 6,8-7. Son pouvoir rotatoire en solution dans l'eau légèrement alcaline varie suivant les auteurs de — 76° à — 100°.

On établit ainsi, en opérant par hydrolyse, la composition en certains acides aminés des deux principaux constituants du gluten; les chiffres sont donnés pour 100 de chacun d'eux :

	Gliadine	Gluténine
Glycocolle	0,00	0,89
Alanine	2,66	4,65
Leucine	6,00	5,95
Proline	7,06	4,23
Phénylalanine	2,60	1,97
Tyrosine	2,37	4,25
Acide aspartique	1,24	0,91
Acide glutamique	37,33	23,42
Arginine	3,40	4,72
Histidine	1,70	1,76
Lysine	0,00	2,15

Sans vouloir entrer ici dans l'étude détaillée des acides aminés, caractérisés comme l'on sait par leur groupement — CH. NH^2 — COOH nous noterons deux faits importants : d'abord l'absence de glycocolle et de lysine dans la composition connue de la gliadine, et leur présence en quantité relativement restreinte dans celle de la gluténine.

Or l'importance physiologique et le rôle de la lysine au point de vue alimentaire sont connus et on sait qu'un régime formé d'aliments dépourvus de cet acide aminé ne permet pas la croissance des jeunes animaux, bien que l'équilibre azoté puisse être maintenu.

Le développement reprend et le poids augmente dès qu'on ajoute de la lysine à la ration (3 % du poids de la protéine d'après Lambling). Cet apport est assuré pour les jeunes mammifères par la lactalbumine et la caséine du lait.

Puis on remarquera dans ces deux complexes la proportion élevée d'acide glutamique ; c'est un acide aminé bibasique de formule

$$COOH — CH^2 — CH^2 — CH. NH^2 — COOH$$

C'est l'homologue supérieur de l'acide aspartique que l'on retrouve aussi à l'analyse. Il est en cristaux incolores, peu solubles ; il donne avec HCl un chlorhydrate bien cristallisé, soluble dans l'eau, mais très peu soluble dans une solution concentrée de NaCl, propriété qui est mise à profit pour séparer l'acide glutamique des produits d'hydrolyse des protéines. L'acide glutamique se trouve associé à de la cystéine, composé sulfuré, et à du glycocolle pour former un tripeptide, la glutamyl-cystéyl-glycine ou glutathion, dont on a pu au cours de ces dernières années mettre en lumière le rôle impor-

tant dans les phénomènes d'oxydo-réduction des tissus animaux, des levures et on peut dire des cellules en général, et aussi dans l'activation des diastases. La gliadine et la gluténine contiennent seulement 0,45 et 0,20 % de glutathion.

Quant au dosage respectif des deux constituants principaux du gluten, les manuels d'analyse citent d'ordinaire la méthode de Fleurent pour l'isolement de la gliadine (épuisement du gluten avec de l'alcool à 70°) la gluténine étant calculée par différence. A l'aide du rapport $\frac{\text{Gluténine}}{\text{Gliadine}}$ on juge de la valeur boulangère qui est satisfaisante si on le trouve égal à 1/3 environ. Mais il ne semble pas que cette méthode ait été d'application courante, à cause des incertitudes qu'elle comporte (difficulté d'extraction du gluten dans certains cas, variations des coefficients de solubilité des divers constituants du gluten) et nous ne croyons pas qu'elle puisse désormais soutenir la comparaison devant les nouvelles méthodes d'appréciation de la valeur boulangère des farines. Pour notre part nous préférons nous en tenir au dosage chimique de l'azote total qui nous apporte une donnée précise et aux tests physiques fournis par l'extensimètre et le farinographe.

Notre conception est basée sur les travaux récents de J. Blisch [5] qui ne considère plus, comme l'admettait Osborne [34], la gliadine et la gluténine comme des « substances uniques » mais comme des corps hétérogènes dont il est difficile de saisir l'état initial dès lors qu'on les soumet à l'action des solvants et des réactifs chimiques, les phénomènes d'hydrolyse entrant immédiatement en jeu.

Dosage de l'azote total.

On sait que le dosage du gluten est une opération longue et soumise à un certain nombre de conditions plus ou moins empiriques, qu'il exige un entraînement éprouvé du manipulateur et que par suite les résultats obtenus sont souvent inconstants.

D'autre part, comme le rappelle R. Geoffroy [22] les qualificatifs seuls qu'un opérateur peut appliquer au gluten (coriace, court, nerveux, élastique, mou, en chou-fleur) paraîtront toujours « incomplets par manque d'une gradation chiffrée indispensable dans les tractations commerciales et dans les techniques meunière et boulangère ».

Certains auteurs enfin tentent d'étayer leurs conclusions sur le rapport $\frac{\text{Gliadine}}{\text{Gluténine}}$, mais ces dosages longs et peu précis, donc peu probants, n'ont jamais trouvé un accueil bien enthousiaste auprès des praticiens des farines.

C'est à ces inconvénients divers que tentent de remédier les mesures physiques exposées ci-dessus et on tâche de compléter les renseignements obtenus par une mesure d'ordre chimique précise : le dosage de l'Azote total, chiffre qui pourra prendre rang auprès des autres constantes fixées pour classer un type donné de farine.

Nous admettrons donc sans difficulté que les essais à l'extensimètre, au farinographe et au fermentographe réalisent un grand progrès auprès du simple examen organoleptique et subjectif pratiqué jusqu'ici sur le seul gluten.

En ce qui concerne le dosage chimique de l'azote, tous les chimistes connaissent cependant les inconvénients de la méthode officielle pour la destruction préalable de la matière organique.

Nous croyons donc trouver un double avantage dans l'utilisation d'un corps nouveau venu parmi les adjuvants de la kjeldahlisation qui est le sélénium.

La première indication concernant l'emploi du sélénium a été donnée par LAURO [26bis]. MM. PENAU et GAUDUCHON en 1935 ont confirmé et précisé les résultats de LAURO. De nombreux travaux parus au cours de ces dernières années ont préconisé divers mélanges complexes associant les composés du sélénium aux divers adjuvants déjà utilisés et le chanoine PALFRAY a minutieusement essayé et recommandé le mélange de BEET et FURZEY [35bis]. Ces mélanges réalisent un gain de temps considérable et dans son étude M. PALFRAY signale que la désintégration de 1 gr. d'un concrète de Karo Karundé qui avait réclamé 8 jours avec un catalyseur classique a pu être réalisé correctement en moins de 25 minutes avec le mélange de BEET et FURZEY. Plus récemment encore MM. DUMAZERT et MARCELET ont très soigneusement étudié un intéressant mélange composé comme suit :

Sélénite de mercure	1 gr.
Sulfate neutre de potassium	24 gr.

20 mgr. de ce mélange pour 1 cc. d'acide sulfurique concentré sont ajoutés en proportion voulue à la substance à détruire ; on chauffe

doucement d'abord puis on porte à l'ébullition; l'attaque est terminée en 30 minutes. En raison de la faible quantité de catalyseur mise en jeu, la distillation en présence d'hyposulfite de soude est inutile malgré la présence du sel mercurique.

Pour notre part dans nos essais nous avons mis en œuvre un mélange contenant du sélénium en poudre dont la formule a été donnée par WIENINGER et dont voici la composition :

Sulfate de soude	90 gr.
Sulfate de mercure	7,50 gr.
Sulfate de cuivre anhydre	1,25 gr.
Sélénium en poudre	1,25 gr.

L'action de ce mélange s'explique en grande partie par la forte élévation de température qu'il permet de réaliser au cours de la destruction. Et si certains ont pu exprimer des craintes au sujet des rendements en ammoniaque lorsqu'il s'agit de quelques substances « où l'azote est difficilement accessible » (certains alcaloïdes) toute appréhension doit être écartée devant les résultats obtenus dans l'analyse des farines. A notre connaissance ce mélange a été employé dans la destruction des substances végétales; aussi nous nous en sommes servi d'une façon suivie dans nos analyses de farines.

MODE OPÉRATOIRE.

On pèse exactement 1 gr. de farine qu'on introduit dans une fiole de Kjeldahl en verre Pyrex de 300 cc. On ajoute 10 cc. de $SO^4 H^2$ pur et 3 gr. du mélange ci-dessus. On chauffe doucement au début sous une hotte à fort tirage, puis plus fortement. La réaction dure 10 à 12 minutes jusqu'à éclaircissement complet du mélange. On laisse la fiole encore sur le feu pendant 2 à 3 minutes pour plus de sûreté.

Après refroidissement le contenu est transvasé au moyen de plusieurs lavages dans un ballon de 1 litre avec 30 cc. de lessive de soude à 30° C. et 1 gr. environ d'hypophosphite de soude. Le distillat est recueilli dans une fiole d'Erlenmeyer de 200 cc. contenant environ 300 cc. d'eau distillée[1] avec quelques gouttes de rouge

(1) On peut à la manière habituelle recueillir dans $SO^4 H^2$ N/10 et titrer en retour, avec rouge de méthyle comme indicateur, par Na OH N :0

de méthyle. De cette façon le titrage de l'ammoniaque se fait directement au moyen de l'acide sulfurique N/10. Le nombre de cc. d'acide employé multiplié par 0,14 donne le taux de l'azote total pour 100 grammes de farine.

Cette méthode rapide permet d'analyser six échantillons en moins d'une heure en opérant en série avec un aide. Si l'on ne possède pas de hotte un appareil pratique est représenté par le schéma ci-dessous qui permet d'évacuer les fumées irritantes d'acide sulfurique à l'aide de la trompe à eau. Pour les analyses en série les vapeurs sont collectées dans une sorte de manchon et refoulées à l'air libre par un système de ventilation.

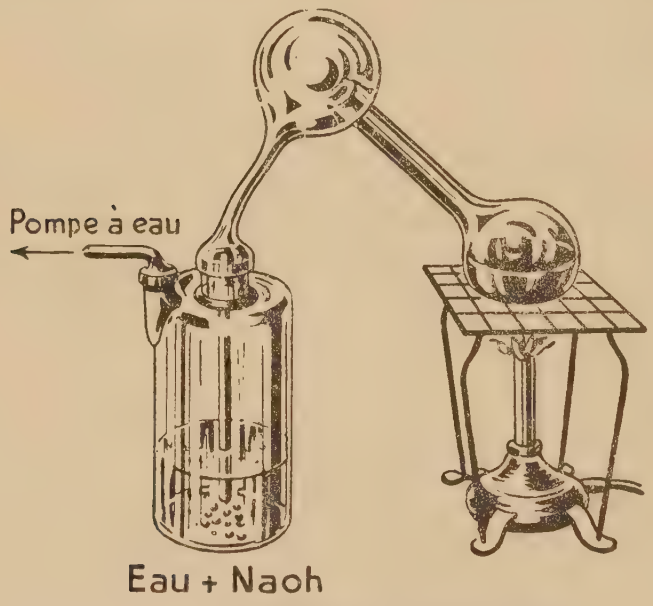


Fig. XXI. — **Appareil pour minéralisation.**

Après avoir apprécié dans de nombreuses analyses la commodité de la destruction des substances organiques à l'aide de ce mélange au sélénium, l'idée nous est venue de pousser notre expérimentation de façon à rendre encore plus pratique le dosage des matières azotées qui nous était demandé et nous avions choisi la méthode de la titration à l'aide de formol au demi et de soude N/20. Mais un inconvénient se présentait : l'apparition d'un abondant précipité noir occasionné par la présence du sulfate de mercure qui empêchait d'apercevoir le virage net au rose en présence de phénolphtaléine. Nous avons constitué un nouveau mélange en augmentant la pro-

portion de sélénium jusqu'à 5 grammes et y adjoignant seul le sulfate de soude (95 grammes).

Par des essais successifs, nous nous sommes aperçus que l'on pouvait réduire la quantité de catalyseur utile à 0 gr. 20 pour une prise d'essai de 0 gr. 50 de farine, sans que la durée de destruction soit sensiblement prolongée. Il n'est même pas nécessaire de chauffer fortement et aucun incident n'est à craindre au cours de l'opération.

Mode opératoire.

Dans un matras de Kjeldahl de 200 cc. introduire :

0,50 de farine
0,20 du mélange catalyseur
5 cc. $SO^4 H^2$ pur.

Opérer comme à l'ordinaire en chauffant doucement au début jusqu'à ébullition ; ensuite il est à peine besoin de surveiller jusqu'à la décoloration complète qui se produit en 1/4 d'heure ou 20 minutes au maximum. Plusieurs destructions peuvent être conduites simultanément.

Après refroidissement des matras, on ajoute 5 gouttes de phénolphtaléine dans chacun d'eux et on neutralise à l'aide de lessive de soude diluée au demi en refroidissant et en ayant soin, à l'aide d'acide sulfurique à 5 %, de ramener immédiatement la réaction légèrement acide si on avait atteint le virage au rouge. L'addition d'hypophosphite de soude devient inutile. Le mélange bien refroidi est complété à 100 cc. dans une fiole jaugée.

On verse dans une fiole d'Erlenmeyer et on achève la neutralisation par addition de Na OH N/20 jusqu'à coloration rose pâle persistante. Ajouter alors 20 cc. de solution de formol au demi neutralisée puis, à l'aide d'une burette graduée, verser de la soude N/20 jusqu'à nouveau virage au rose. Soit n le nombre de cc. de NaOH N/20 employés :

$$n \times 0,144 = \text{Azote total pour cent de farine}$$

Si un léger précipité rouge se produit au cours de la neutralisation par la soude, on pourrait toujours filtrer et effectuer le titrage sur 50 cc. de filtrat (soit 0 gr. 25 de farine).

Les résultats comparatifs que nous avons obtenus par cette méthode et par distillation à l'aide de l'appareil de Schlœsing sur un même échantillon de farine sont les suivants :

Titration au formol..	1 gr. 740	Azote total pour cent
Distillation	1 gr. 730	Azote total pour cent

En une heure il est possible de faire complètement 5 ou 6 déterminations.

Des essais que nous avons pratiqués sur les urines, il ressort que la méthode est particulièrement satisfaisante. Pour 5 cc. d'urine il suffit d'une pointe de canif de catalyseur et 5 cc. d'acide sulfurique pur. L'opération est terminée en 7 minutes et le titrage final sur 20 cc. (soit 1 cc. d'urine) n'offre aucune difficulté.

Chapitre VIII

MATIERES MINERALES

L'étude des matières minérales des farines est très importante pour différentes raisons commerciale, industrielle et alimentaire.

Tout d'abord il est nécessaire de connaître le taux des cendres, puisque ce chiffre permettra d'être renseigné sur la valeur de l'extraction et sur la pureté de la farine, et que d'autre part les méthodes de contrôle en douane et dans le commerce l'ont officiellement adopté et avec juste raison dans presque tous les pays.

Poussant plus loin les déterminations, on pourra savoir quelle est la quantité de tel ou tel élément que le grain emporte chaque année du sol, afin de la restituer si besoin est sous forme d'engrais, et ceci non seulement pour l'azote, le phosphore et la potasse, mais encore pour des éléments plus rares : soufre, magnésium, zinc, manganèse, et arriver peut être à influencer favorablement la valeur boulangère des variétés sélectionnées.

Enfin au point de vue alimentaire il est indispensable de déterminer quelle est la nature et la quantité des éléments ingérés avec le pain. G. Bertrand a montré, dans de nombreux travaux, l'importance et le rôle des infiniment petits minéraux dans l'alimentation et de récentes recherches américaines ont montré le rôle toxique du sélénium existant dans certains blés américains croissant sur des terrains sélénifères.

Notre dessein n'est pas de considérer les substances minérales sous

ces différents aspects, mais seulement d'apporter ici les résultats que nous avons obtenus à l'aide d'une méthode de dosage que l'on trouvera plus loin. Puis nous donnerons une technique de dosage du potassium, l'élément minéral qui est avec le phosphore quantitativement le plus important du grain de blé, technique que nous avons eu l'occasion d'appliquer avec le concours de M. R. Michel, du Service Botanique et Agronomique.

Les matières minérales du grain de blé suivent à peu près la progression des matières azotées du centre vers la périphérie de l'amande. Mais la proportion des substances minérales est encore nettement plus élevée dans les enveloppes du grain. A. GIRARD cite les chiffres suivants [23] :

	Cendres % du produit
Albumen	0,32
Embryon	5,30
Enveloppes	4,70

Mais J. COURBE [13] donne la répartition suivante :

	% du produit	% du blé
	—	—
Enveloppe totale (15,5 % du grain) { Externe (6 %)	5,50	0,080
Enveloppe totale (15,5 % du grain) { Interne (9,5 %) ..	3,00	0,180
Germe (1,5 % du grain)	6,70	0,635
Albumen (83 % du grain)	0,85	0,705
Blé entier		1,600

Si le pourcentage de A. GIRARD paraît faible pour les matières minérales des enveloppes, par contre celui de J. COURBE est nettement trop élevé en ce qui concerne l'albumen. Il est tout au moins surprenant de constater de semblables différences entre les auteurs si leurs résultats ont été acquis dans des conditions expérimentales identiques, ou il faudrait qu'ils se mettent d'accord pour savoir où finit l'albumen et où commencent les téguments.

Quoiqu'il en soit de ces divergences, nous admettons, en nous basant sur les analyses de farines à faible taux d'extraction que les

matières minérales de l'albumen proprement dit ne doivent pas dépasser 0 gr. 50 %. Mais dès que la partie interne de l'enveloppe, la plus riche en matières minérales, et l'assise protéique sont attaquées au cours de la mouture, le taux des cendres de la farine sera influencé d'une façon sensible dans le sens de l'augmentation. Autrement dit, une élévation du taux d'extraction sera révélée par une augmentation du taux des cendres. Les chiffres publiés par LEPRINCE et LECOQ [28] sont :

Taux d'extraction	72	77	80	85
Cendres	0,59	0,53	0,59	0,58

Ces résultats vont à l'encontre de ceux donnés depuis de nombreuses années par ARPIN [3], et ceux que nous avons nous-même trouvés au cours de nos analyses sont très différents dès qu'on atteint des taux d'extraction de 80 % et au-dessus.

De ces notions, PISSAREV [37] a dégagé une règle pratique d'évaluation de la quantité de sons mélangés à la farine pure; il convient que la farine pure sans mélange de son, c'est-à-dire de débris d'enveloppes correspond à un taux de cendres de 0 gr. 30 %, et que chaque fraction de 0,07 au-dessus de 0,30 correspond à 1 % de sons, d'où la formule simple :

$$\text{Sons } \% = \frac{a - 0{,}30}{0{,}07}$$

En plus de l'indication du taux d'extraction, le dosage des matières minérales constitue un contrôle de la pureté de la farine et il est à peine besoin de signaler ici l'influence fâcheuse qu'auraient sur le taux des cendres les corps étrangers et les matières terreuses qui se trouveraient mélangés aux grains de blé soumis à la mouture; mais comme fait justement remarquer R. GEOFFROY [22] « le plus grand progrès de la meunerie moderne a été dans le soin apporté au nettoyage et à la préparation des blés avant mouture; actuellement les blés sont lavés, brossés, épointés, triés, etc... de telle façon que tous les corps et graines étrangers sont éliminés radicalement ». Et l'on peut dire que les matières minérales dosées seront finalement celles qui entrent dans la constitution même du grain.

L'essai Pékar très soigneusement pratiqué apportera en cet endroit de l'examen de très utiles renseignements (teinte de fond — fines pi-

qûres — grosses piqûres)[1] ; on pourra le compléter par l'essai à la pyrocathéchine. On fait une solution de pyrocatéchine à 1,50 ‰ dans l'eau distillée. On comprime d'autre part à l'aide d'une spatule les farines à examiner dans des petites cuvettes en porcelaine de 7 cm. de long sur 4 cm. de large et 1 cm. 2 de haut. On compare la farine essayée à un type connu. On plonge les cuvettes dans un bac en porcelaine contenant la solution et on les laisse 20 secondes dans le bain. On examine une demi-heure après. Les grosses piqûres présentent des taches rouge brique, tandis que les petites forment une teinte presque continue rougeâtre. Cette réaction est dûe aux oxydases contenues dans les cellules du germe et de l'assise protéique.

En résumé, le dosage des cendres, appuyé des résultats de l'essai Pékar et de l'essai à la pyrotéchine nous fournit un moyen de contrôle du taux d'extraction, de la bonne marche de la mouture des grains et enfin de la pureté de la farine.

Dosage rapide des cendres par la méthode a l'acétate de magnésie. (Kranz, Mulhen laboratorium 1932).

On pèse 3 gr. de substance que l'on humecte avec 3 cc. exactement mesurés d'une solution alcoolique d'acétate de magnésie. (Cette solution s'obtient en dissolvant 1 gr. 61 d'acétate de magnésie à 4 H^2 O dans 100 cc. d'alcool à 95° ; on ajoute quelques cristaux d'iode et on filtre).

On porte la nacelle garnie dans un four électrique réglé à 800°. On obtient rapidement des cendres blanches et compactes. Pour le calcul des cendres on retranche du poids obtenu celui de l'oxyde de magnésium formé, soit 0,01 gr.

La méthode est très exacte et rapide. On compte de quinze à vingt cinq minutes pour les farines claires ; la même méthode utilisée pour les cendres des fourrages et des sons permet d'obtenir les résultats en quatre-vingt-dix ou cent minutes.

Les américains de leur côté utilisent comme adjuvant de l'incinération une solution de nitrate de magnésie dans de l'alcool à 60°.

---

(1) L'essai Pékar consiste à disposer les farines à examiner en petits tas sur une planchette lisse et à les comprimer à l'aide d'une plaque de verre biseautée bien unie. On examine à l'œil nu ou à la loupe et on compare avec une farine type. Ensuite on immerge la planchette à plat dans l'eau d'une cuvette pendant quelques secondes et on examine à nouveau.

Le four électrique présente un avantage certain sur le four à moufle ordinaire de nos laboratoires d'abord du point de vue de la rapidité de l'incinération. Celui de BRADENDER, d'une présentation élégante, peut recevoir à la fois 10 échantillons de substances à analyser que l'on place dans des capsules plates en silice qui retenues par des crochets, sont étagées en 2 files.

A l'intérieur se trouvent des résistances spiralées en ferro-nickel chromé et l'enceinte est constituée de briques réfractaires ; le tout est recouvert d'une double paroi calorifugée. La mise en marche à l'aide d'un commutateur se fait au départ sur courant de 13 ampères et le règlage de la température est obtenu sur un pyromètre muni de deux aiguilles dont l'une est fixée sur la température que l'on veut atteindre. On peut à ce moment tourner le commutateur sur 10 ou 5 ampères de façon à avoir la meilleure régularité de chauffe. Comme on le voit on est sûr, grâce à cet appareil, d'opérer à la température voulue, et on se trouve à l'abri des souillures extérieures.

*
* *

L'étude de la minéralisation fait apparaître une forte proportion de phosphates (2/3 phosphates solubles de K et Na et 1/3 phosphates Ca et Mg) R. LECOQ cite les chiffres suivants, exprimés en mg. pour 100 de substances sèches : Phosphore 1.050, Sodium 722, Magnésium 342, Soufre 325, Potassium 396, Calcium 71, Chlore 70, Fer 0,7 ; en outre des traces de manganèse, surtout dans le germe [28].

Parmi ces divers éléments nous n'en avons retenu que deux dans cette étude, à cause de leur pourcentage plus élevé, le phosphore et le potassium, que nous avons dosés dans des échantillons de farines fournis par des blés tendres Baroota, Mahon et Florence-Aurore. Nous nous réservons dans nos recherches ultérieures d'appliquer aussi des méthodes de dosage systématique au calcium, au magnésium et au silicium et également au Soufre (avec dosage spécial du glutathion que nous expérimentons à l'heure actuelle).

1° *Le Phosphore.* — Les cendres des blés et des farines sont constituées par 45 à 60 % de $P^2 O^5$ et le phosphore se retrouve dans toutes les parties du grain. Il existe dans l'albumen où il est énergiquement fixé aux grains d'amidon. Une portion à peu près équivalente existe sous forme de phytine, mélange de sels de calcium et de magnésium de l'acide inosite-phosphorique, soluble dans l'eau. Cette phytine se trouve associée à des lécithines (phosphore lipidique) dans

les couches périphériques de l'albumen et dans l'assise à aleurone, englobant dans des complexes des éléments oligo-synergiques (manganèse, zinc, cuivre). Enfin le germe contient des nucléoprotéines. FEYTE [18] a montré que la quantité de phosphore total contenu dans le grain varie avec les conditions de maturation.

2° *Le Potassium.* — Les cendres des farines renferment de 25 à 35 % de K^2O. Cet élément a un rapport immédiat avec la formation de l'amidon, auquel il semble lié ; en effet la quantité d'amidon formée dans le grain de blé augmente avec l'apport de sel de potasse comme engrais.

CHAPITRE IX

METHODES D'ANALYSE

Nous exposons ici une méthode qui, en opérant sur une seule prise d'essai, nous a permis de pratiquer des dosages en série des 3 éléments : Azote, Phosphore et Potassium[1] sur les farines de blé faisant l'objet de notre étude.

1° MINÉRALISATION.

Au lieu d'opérer sur 1 gr. de farine, comme plus haut, on en pèsera 5 gr. qu'on soumettra à la même méthode de destruction organique que nous avons décrite en modifiant en conséquence les proportions de catalyseur (environ 15 gr.) et d'acide sulfurique pur (40 cc.). La minéralisation sera évidemment un peu plus longue (2 heures au maximum). Avec des prises d'essai de 6 gr. de farine, nous avons parfaitement réussi des opérations en 2 heures à peu près.

Le résidu du Kjeldhal sera amené à la fin dans une fiole jaugée avec les eaux du lavage au volume de 250 cc. à l'aide d'eau distillée bien exempte d'NH^3.

2° DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL.

On prélève 50 cc. de la liqueur de destruction qu'on introduit dans le ballon de 1 litre de l'appareil distillatoire de Schlœzing-Aubin. Cette quantité correspond à 1 gramme de farine. On dilue avec de l'eau distillée à 250 cc. On ajoute une pincée de réducteur (hypo-

(1) R. MICHEL : Méthodes et techniques applicables aux cases de végétations. A paraître dans les prochaines Annales du S.B.A. de Tunisie.

phosphite de Na) et quelques grains de pierre ponce, puis on verse avec précaution de la lessive de soude en quantité calculée pour neutraliser l'acide sulfurique (25 cc. environ) puis un excès pour déplacer l'ammoniaque (12 à 15 cm^3). Adapter aussitôt le ballon à l'appareil et distiller les 2/3 à peu près en recevant dans un vase contenant 20 cc. exactement mesurés de $SO^4 H^2$ N/10 additionnés de 3 gouttes de solution de rouge de méthyle. On titre par Na OH N/10

$$n \times 0,14 = \text{Azote total pour 100 grammes de farine}$$

3° Dosage de $P^2 O^5$.

Principe. — Précipitation de l'acide phosphorique à l'état de phosphomolybdate d'ammonium ; dissolution du précipité dans de la soude N/10 et titrage de la soude en excès au moyen d'acide sulfurique N/10.

La réaction est la suivante :

$$2\ PO\ (Mo\ O^3)^{12}\ [O\ (N\ H^4)]^3 + 46\ Na\ OH = 2\ PO^4\ H\ (NH^4)^2 + Mo\ O^4\ (NH^4)^2 + 23\ Mo\ O^4\ Na^2 + 22\ H^2\ O.$$

Ce qui montre que :

46 mol. gr. de Na OH = 1 mol. gr. de $P^2 O^5$.

Par le calcul on trouve que :

1 cc. Na OH N/10 correspond à : 0 gr. 0003087 $P^2 O^5$.

Réactif nécessaire. — Réactif azoto-molybdique de Sonnenschein et Eggertz. [17]

Dissoudre 150 gr. de molybdate d'ammoniaque dans de l'eau tiède ; compléter à 1 litre avec de l'eau froide et verser cette liqueur dans 1 litre de $NO^3 H$ (d = 1,20).

On laisse à l'étuve, vers 40°, pendant 3 à 4 jours, puis on décante le liquide clair.

Mode opératoire.

Prélever dans un vase de Bohême 100 cc. de la liqueur provenant de la destruction au Kjeldhal (correspondant à 2 grammes de farine). Ajouter 40 cc. de nitrate d'ammonium à 34 % (ou 14 grammes de sel pur). Porter franchement à l'ébullition en évitant la surchauffe locale. Verser 20 cc. de liqueur nitromolybdique froide. Il faut verser goutte à goutte sans arrêter l'ébullition. Agiter vigoureusement avec un agitateur muni d'une bague en caoutchouc sans heurter les parois du vase. Retirer du feu tout en continuant à remuer pour éviter toute surchauffe. Laisser reposer 10 minutes.

Filtrer sur un petit filtre sans plis placé sur entonnoir de Joulie et humecté de solution nitratée. Vérifier sur le filtrat que la précipitation est complète. Laver le précipité par décantation et l'entraîner en totalité sur le filtre à l'aide d'eau nitratée à 1 %.

Laver le précipité qui est sur le filtre à l'eau distillée jusqu'à ce qu'il donne une réaction neutre au rouge de méthyle (avec peu d'eau chaque fois).

On place le filtre et son précipité dans un bécher ; on recouvre avec 40 cc. de Na OH N/10 et on agite doucement jusqu'à ce que le précipité jaune se soit dissous. Au bout de quelques secondes le liquide devient limpide. On ajoute 2 gouttes de phénolphtaléine et on titre l'excès de soude à l'aide de $SO^4 H^2$ N/10.

On obtient n cc., et la quantité de $P^2 O^5$ est donnée par la formule :

$$P^2 O^5 \% = (40 - n) \times 0{,}03087.$$

4° Dosage de $K^2 O$.

Principe. — Précipitation du potassium, selon la réaction indiquée par W. Fischer, à l'aide du réactif au cobaltinitrite de soude à froid. Lavage et dessication du précipité à 100°. Le poids obtenu multiplié par 0,1727 = $K^2 O$ contenu dans le volume de liquide soumis au dosage.

Réactif nécessaire :

Solution A. — On prépare une solution de nitrate de cobalt de densité égale 1,3 exactement à + 25° C. A chaque 100 cc. on ajoute 25 cc. d'acide acétique cristallis.

Solution B. — 200 gr. NO^2 Na très pur
300 cc. $H^2 O$ dist.

Chauffer doucement pour dissoudre. Laisser refroidir.

Pour l'usage, on fait la veille de l'emploi le mélange de :

10 cc. solution A
30 cc. solution B.

Il se produit un dégagement de vapeurs de NO^2 qu'on élimine par

aspiration à la trompe pendant 1/4 d'heure. On laisse reposer pendant 5 heures. On filtre.

Le réactif peut se conserver 2-3 jours.

MODE OPÉRATOIRE.

Les 100 cc. qui restent de la liqueur d'attaque (soit ce qui correspond à 2 gr. de farine) sont neutralisés par Na OH concentrée que l'on verse goutte à goutte jusqu'à formation, puis coloration en noir du précipité d'hydroxydes.

On chauffe jusqu'à ébullition pour éliminer la majeure partie de NH^3. On dilue ensuite à 100 cc. avec de l'eau distillée. Réduire à moitié du volume par douce ébullition pour chasser le reste de NH^3.

Neutraliser approximativement l'excès de soude par $SO^4\ H^2$ à peu près normal, en présence de quelques gouttes de phtaléine.

Transvaser dans un ballon jaugé de 100 cc. et compléter avec les eaux de lavage.

Bien agiter et laisser au repos quelques minutes.

Filtrer (le fer est éliminé) et recueillir 50 cc. du filtrat (correspondant à 1 gramme de farine.

Neutraliser par 1-2 gouttes $SO^4\ H^2$ N pour faire disparaître la teinte rose.

Ajouter alors dans la solution 40 cc. de réactif cobaltinitrite à l'aide d'une pipette et en agitant régulièrement le liquide.

La précipitation est assez rapide. On laisse reposer 3 heures.

On filtre sur double filtre (petits filtres équilibrés) sur entonnoir de Joulie. Laver avec eau distillée froide jusqu'à filtrat incolore. Laver une dernière fois avec alcool à 95° pour faciliter la dessication.

Sécher 2 heures à l'étuve à + 100° C.

Peser.

$$P \times 0{,}1727 = K^2\ O \text{ de 1 gramme de farine}$$

Voici les résultats que nous avons obtenus avec des blés tendres de la récolte 1940 par les méthodes qui ont été précédemment décrites :

Variétés de blé	Extensimètre			Cendres Blés Farines	Humidité	Azote total % p. sec	P_2O_5 % p. sec	K_2O % p. sec
	P	G	W					
Mahon 73 Extr. 72 %	40	13,4	44	1,960 0,600	13,50	1,704	0,360	0,287
Baroota 52 Extr. 72 %	69	17,0	138	1,840 0,541	13,70	1,708	0,295	0,188
Florence-Aurore Extr. 68 %	124	19,8	342	1,400 0,536	13,47	2,091	0,233	0,210
Flor.-Aur. A Extr. 66 %	113	21,3	366	1,390 0,561	13,35	2,250	0,252	0,173
Flor.-Aur. B Extr. 66 %	110	20,1	276	1,480 0,545	13,33	2,000	0,254	0,177
Flor.-Aur. C Extr. 66 %	93	19,6	215	—	13,66	2,050	0,264	0,172

Ce tableau est assez suggestif d'abord par les résultats fournis à l'extensimètre : les chiffres sont tout différents pour les blés Florence-Aurore et confirment ce que nous savons déjà sur leur haute valeur boulangère.

Ensuite nous constatons que le pourcentage des cendres à peu près équivalent dans les farines au taux d'extraction normal est par contre nettement inférieur dans les blés Florence-Aurore.

On voit facilement en outre que leur teneur en matières azotées est particulièrement satisfaisante et l'on remarquera leur taux croissant avec l'ascension de W et de G.

En ce qui concerne $P^2 O^5$ et $K^2 O$ on voit que les chiffres obtenus par les méthodes que nous avons indiquées concordent à peu près avec ceux que certains auteurs ont déjà donnés [40] ; les résultats diffèrent très peu entre les Florence-Aurore des diverses catégories et se montrent inférieurs à ceux obtenus avec les autres blés tendres. Nous n'en tirerons pour l'instant aucune autre conclusion.

QUATRIEME PARTIE

CHAPITRE X. — I. — **LES BLES DE FORCE DANS LE COMMERCE**

II. — **LE TYPE LEGAL DES FARINES EN TUNISIE**

CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE

Chapitre IX

I. – LES BLES DE FORCE DANS LE COMMERCE

Le dernier chapitre de notre travail en sera pour ainsi dire la conclusion logique et naturelle, puisqu'il a pour but de démontrer dans quelle mesure le commerce et l'industrie doivent s'appuyer sur les analyses et les opérations de contrôle qui sont effectuées au laboratoire, ce qui leur permet d'effectuer leur tâche non plus d'une manière empirique, mais d'une façon coordonnée depuis le champ de culture de l'agriculteur jusqu'au four du boulanger et de garantir la qualité du pain obtenu.

Aussi ne pouvons-nous mieux faire que de mettre sous les yeux du lecteur les textes administratifs qui règlementent pour 1940 et 1941[1] en Tunisie la circulation des blés et des farines.

1° Fixation du prix de base du blé tendre.

2° Fixation d'un type légal de farine boulangère.

Blé tendre.

Le prix net du quintal de blé tendre loyal et marchand à payer aux producteurs a été fixé à 215 francs, pour un blé dont le poids spécifique sera compris entre 75 kg 499 et 74 kg 500 à l'hectolitre. En outre, un forfait de 2 francs par quintal est accordé aux producteurs pour le transport.

Tout blé ayant un poids spécifique compris entre 75 kg 500 et 79 kg. 999 bénéficiera d'une bonification de 0,75 par 500 gr. et par quintal; par contre, ceux dont le poids spécifique sera compris entre 74 kg. 499 et 71 kg. subiront une réfaction de 0,75 par 500 gr. et par quintal et de 70 kg. 999 à 68 kg. la réfaction sera portée de 0,75 à 1 franc.

Au-dessus d'un poids spécifique de 80 kilos à l'hectolitre, la bonification pourra être fixée à une somme supérieure à 6,75 par quintal, d'un commun accord entre l'acheteur et le vendeur.

La valeur boulangère n'a pas été oubliée et les blés dont le W — déterminé par la méthode Chopin — sera supérieur à 150, pourront

(1) En raison des circonstances, de nouvelles dispositions ont dû être édictées appliquant des mesures d'ordre exceptionnel et, espérons-le, provisoires.

faire l'objet d'une bonification spéciale à fixer d'un commun accord entre l'acheteur et le vendeur.

Enfin, au-dessous de 68 kilos de poids spécifique, le blé sera considéré comme non loyal et marchand

Par ailleurs, des réfactions spéciales ont été prévues et déterminées comme suit :

Impuretés autres que le blé cassé :

de 2,01 % à 3 %	1,75 par quintal
de 3,01 % à 4 %	3,50 par quintal

Blé cassé :

de 5,01 % à 6 %	1 franc par quintal
de 6,01 % à 7 %	1 franc par quintal

et lorsque le pourcentage d'impuretés sera supérieur à 7 % le blé sera considéré comme non loyal et marchand. De même, dans la limite du pourcentage total les impuretés autres que le blé cassé ne devront pas dépasser 4 %.

Ivraie : tolérance 0 gr. 100 %, maximum 0 gr. 250 %, avec une réfaction de 2 francs par kilogramme et par quintal.

Blés carriés : tolérance 0 gr. 125 %, maximum 0 gr. 200 %, avec une réfaction de 2 francs par kilogramme et par quintal.

Pour les blés punaisés, plusieurs classes ont été créées. Ne seront pas considérés comme loyaux et marchands ceux dont la virulence commerciale sera supérieure à 40 Pour une virulence comprise entre 20 et 40, les blés seront acceptés par le commerce avec une réfaction variant entre 2,50 et 10 francs par quintal suivant l'indice reconnu.

Enfin divers barèmes ont été établis pour les graines nuisibles. (Mélilot, fenugrec).

II. — LE TYPE LEGAL DES FARINES EN TUNISIE

Il y a une tendance visible, écrit M. Coutière (4), vers un « pain moyen » obtenu d'un « blé moyen » pour un « consommateur moyen ». De la même manière qu'ils procèdent à l'homogénéisation des blés de force, les silos peuvent également traiter les diverses variétés et préparer les mélanges dits « blés boulangers » tout prêts à être livrés au commerce. D'autre part, les méthodes actuelles de la meunerie appliquées dans des conditions bien déterminées donnent des farines aux caractères à peu près constants. C'est pourquoi l'on

peut parler aujourd'hui de type légal de farine imposant des limites aux principaux constituants et qui serait une garantie de bonne fabrication, de conservation et aussi de valeur boulangère. La Tunisie récoltant sur son sol le blé suffisant à sa consommation propre, il est assez facile d'établir un type légal correspondant à la moyenne des diverses variétés.

Jusqu'à la fin de 1938, la législation imposait seulement le taux d'extraction de 65 %, et on sait qu'on obtient alors une farine bien blanche provenant de la partie centrale du grain riche surtout en amidon et pauvre en gluten. Puis le taux fut porté à 70 % ; on atteint alors en partie la zone périphérique de l'albumen du grain plus riche en gluten et aussi en matières minérales.

Cependant en raison des circonstances qui nous sont imposées de nouvelles mesures viennent d'être prises pour augmenter encore le rendement en farine ; mais elles sont basées avec raison sur le poids spécifique du blé, car comme dit justement M. LECOQ [28] « c'est une erreur de croire qu'on peut bluter tous les blés au même taux ». Voici d'ailleurs le décret du 28 juin 1940 dans ses lignes essentielles :

*
* *

Conditions d'extraction des farines panifiables à QUATRE points au-dessus du poids spécifique moyen des blés mis en œuvre.

ARTICLE PREMIER. — A dater du 5 juillet 1940 les farines premières panifiables de blé tendre doivent être extraites au taux limite de QUATRE points au-dessus du poids spécifique moyen constaté pour tous les blés tendres mis en œuvre dans chaque minoterie.

Et l'arrêté précise :

ART. 2. — Dans le délai de dix jours il sera établi un type légal de farine de blé tendre extraite dans les conditions fixées à l'article premier du décret du 16 septembre 1939, modifié et complété par les décrets des 21 octobre 1939 et 28 juin 1940.

ART. 3. — Ce type légal sera constitué par un échantillon moyen obtenu par le mélange des produits de chaque minoterie. Il sera prélevé 10 Kg. de chacun de ces types qui serviront à constituer des échantillons d'au moins 500 grammes chacun ; un de ces échantillons sera déposé à la Direction des affaires Economiques. Il sera

procédé par les soins du Laboratoire des Services Administratifs et de la Répression des Fraudes à une analyse des types obtenus.

ART. 4. — Les résultats de cette analyse seront consignés dans le Procès-verbal des opérations de la Commission établi en double exemplaire et serviront de base à l'examen des échantillons qui seront soumis au Laboratoire des Services Administratifs et de la Répression des Fraudes par les agents de contrôle habilités.

Voici les résultats moyens qui ont été fournis par l'analyse d'échantillons obtenus d'après la procédure indiquée ci-dessus.

Humidité	12,18 %
Acidité	0,068 %
Matière grasse	1,68 %
Débris cellulosiques	0,72 %
Gluten humide	28,80 %
Gluten sec	10,00 %
Capacité d'hydrat.du Gluten	63,50 %
Cendres % de matière sèche.	0,86 %

Que conclure à première vue de ces résultats ? Tout d'abord que nous allons assister à une augmentation marquée du taux des matières protéiques totales et du taux des matières minérales. Car non seulement l'albumen entier, y compris la zone périphérique, sera transformée en farine, mais encore l'assise protéique sera attaquée en assez forte proportion par la mise en œuvre des nouvelles méthodes d'extraction. Outre sa richesse en protides et en matières minérales, cette assise renferme des diastases et des vitamines et (par la force des événemnts) nous revenons à la farine dite intégrale, seul type admissible au point de vue de l'hygiène alimentaire.

La difficulté à vaincre est évidemment de dissocier l'assise protéique sans toucher aux téguments externes auxquels elle est intimement soudée; mais l'essentiel est d'empêcher les sons et les issues non digestibles par l'organisme de passer dans la farine et l'augmentation du rendement sera dûe en fin de compte à un curage plus poussé des remoulages qui retenaient jusqu'ici une notable proportion de farine.

Le désagrégeage et le couvertissage des gruaux étant conduits avec les précautions voulues et le règlage des soies pour le tamisage une fois bien déterminé on obtient avec les blés boulangers tunisiens les proportions suivantes de produits :

Issues et déchets	14 à 15 %
Remoulages	2 à 3 %
Farine	83 %

Avec un blé dont le poids spécifique est de 79 (moyenne du poids spécifique des blés tunisiens), on s'aperçoit que la règle des QUATRE points fixée par le décret est respectée.

Nous avons dit par ailleurs l'importance que nous attachions au taux des cendres qui est révélateur de la marche de l'extraction; on peut s'en rendre compte par le simple examen des chiffres du tableau ci-après :

	Extraction 65 %	Extraction 70 %	P.S. + 2	P.S. + 4
Humidité	13,70	13,46	11,86	12,18
Acidité	0,032	0,036	0,048	0,068
Matière grasse	1,16	1,17	1,52	1,68
Débris cellulosiques	0,18	0,16	—	0,72
Gluten humide	32,70	31,80	32,80	28,90
Gluten sec	11,30	11,30	10,96	10,05
Capacité hydratation ..	65,4	65,00	66,4	63,50
Cendres pour 100 de farine sèche	0,48	0,54	0,66	0,86

La tolérance pour le taux des cendres établi en vertu du nouveau règlement a été fixée à 0 gr. 91 pour 100 gr. de matière sèche, afin de tenir compte des variations qui peuvent survenir au cours des mutures.

Or si nous consultons les tableaux publiés par LINDET, FLEURENT et ARPIN et comparativement ceux de Mohs nous trouvons les chiffres suivants :

	Teneur en cendres	
Taux d'extraction	Lindet, Fleurent, Arpin	Mohs
64 à 66 Kg	0,49 à 0,51	0,502 — 0,512
70 à 72 Kg	0,56 à 0,60	0,584 — 0,602
78 à 80 Kg	0,80 à 0,90	0,905

et encore cette teneur est-elle calculée pour des farines à 15 % d'humidité; si nous rapportons au poids sec nous trouvons en moyenne :

Cendres pour 100 : 0,58 — 0,68 — et 1 gramme.

Deux conclusions s'imposent, c'est que :

1° les méthodes d'extraction actuelles donnent de meilleurs résultats, et

2° les tableaux publiés doivent être revisés en ce qui concerne les blés tunisiens.

Nous continuerons bien entendu à pratiquer très soigneusement l'essai PÉKAR et les essais de tamisage (le refus au tamis 90 devra toujours être insignifiant), mais nous abandonnerons volontiers le dosage des débris cellulosiques qui est long, peu certain, et même superflu quand on possède le pourcentage exact des matières minérales.

CONCLUSIONS

L'objet de notre travail a été :

1° De montrer que les blés de la variété Florence-Aurore de la lignée 588 doivent à très juste titre être considérés comme des blés tendres de très haute valeur boulangère.

2° De faire ressortir de quelle manière la Tunisie est arrivée par une organisation rationnelle à se donner une place très honorable et enviée dans la production de ces blés.

3° De mettre en lumière le travail de sélection et d'appréciation des récoltes, grâce à quoi on a pu aboutir aux sous variétés de Khoudiat et d'Ariana 8 qui peuvent supporter la comparaison de qualité avec les meilleurs d'entre les blés du Manitoba.

4° De faire connaître quelques particularités où l'œuvre de l'homme est intervenue avec efficacité pour enrayer la menace des parasites : charbon et punaises

5° Enfin de présenter aux analystes des substances végétales une technique d'ensemble de dosage d'éléments qui se retrouvent d'une façon habituelle dans les résultats qui leur sont demandés, et qu'ils peuvent réaliser avec des moyens simples.

Nous pensons en particulier que le dosage de l'azote total des farines et des substances alimentaires en général peut être réalisé d'une manière systématique, grâce à la technique de destruction des matières organiques que nous avons décrite à l'aide du mélange catalyseur dont nous avons modifié la composition pour permettre le dosage de l'ammoniaque par la méthode au formol.

Nous serons particulièrement heureux si nous avons pu faire mesurer aux colons les résultats tangibles auxquels à force d'endurance ils sont parvenus en si peu d'années, et aider à maintenir leur confiance en ceux qui dans leurs laboratoires travaillent avec eux et les aident de leurs conseils judicieux.

Quant à nous notre satisfaction d'esprit a été d'apporter à leur œuvre cette modeste contribution, car habitué dès notre jeune âge à voir sur notre côte bretonne ces champs verdoyants qui descendent de nos vieilles montagnes usées pour aller se fondre dans le bleu

foncé de nos baies si pittoresques, plus tard adolescent à revenir aux mêmes lieux contempler cette moisson qui :

... Roule, ondule et déferle au vent frais qui la berce

(J. M. de Hérédia)

et enfin transporté en Tunisie, où sur les vastes étendues sans arbres et brûlées de soleil, les colons français ont fait lever d'autres moissons, nous ne pouvions apporter un hommage plus sincère à tous ceux qui à force de labeur et d'intelligence font produire au sol le pain qui nous nourrit.

Vu :

Le Président de thèse

Dr MUSSO.

Vu : Pr le Doyen

L'assesseur,

Dr E. CABANNES

Vu et permis d'imprimer

Alger, le 7 avril 1941.

Le Recteur,

ILLISIBLE.

BIBLIOGRAPHIE

1. — Arpin (M.). — *Dosage du gluten humide dans les farines* (*Ann. de Chim. Anal.*, 1902, *page* 325.
2. — Arpin (M.). — *Détermination de la valeur boulangère* (*C. R. trav. semaine du blé*, 1923, *p.* 11.
3. — Arpin (M.). — *Farines, Fécules et Amidon. — Béranger, édit.*
4. — Bailey (C. H.) et le Vesconte. — *Physical tests of flour quality with the Chopin Extensimeter.* (*Cereal Chem.*, 1924, *I*, *p.* 38-63.
5. — Blish (J.). — *Céréal chemistry, supplément N°* 5.
6. — Bradender. — *Die mehlqualitatsbewertung mit einer automatischen maschine « farinograph ». Atti del Congress° internazionale de panificatione, Roma*, 1932, *p.* 102.
7. — Braun. — *Détermination de la valeur boulangère* (*Ann. Pals. et Fraudes*, 1924, *p.* 269-273).
8. — Bruère (P.). — *Remarques technologiques et documentaires sur le blé, la farine et les issues. J. Ph. et Ch.* 1931, 14, *p.* 5.
9. — Bruère (P.). — *Principaux types d'améliorants biologiques de la panification. Jour. Pharm. et Chim.* 1934, 19, *p.* 66-78.

9*bis* Buchanan (H.) et Naudain (G.). — *Ind. Eng. Chim.* 1923, 15, 1050.

10. — Chopin (M.). — *Relation entre les propriétés mécaniques des pâtes de farine et la panification. C. R. Ac. Sc.* 1921, 172, *p.* 450.
11. — Chopin (M.). — *Pr°priétés mécaniques additives des pâtes de farine de froment. C. R. Ac. Sc.*, 1930, 190, *p.* 1449.
12. — De Conde et Heudebert. — *Contribution à l'étude de la valeur boulangère des farines. C. R. Ac. Sc.* 1933, 197, *p.* 1150.
13. — Courbe (J.). — *La Farine panifiable et les améliorants biologiques de la panification. — Thèse doct. Paris* 1934.
14. — Coutiere (H.). — *Le Monde Vivant. — Les Editions Pittoresques. Paris* 1929.
15. — Delacroix et Maublanc. — *Maladies parasitaires des plantes cultivées. Baillère.* 1909.
16. — Demolon (A.). — *Valeur boulangère des blés tendres du Département de Constantine. — Bull. Ac. Agri.* 1934, 20, *p.* 630.
17. — Deniges. — *Précis de chimie analytique. Edit. Maloine. Paris* 1931.
18. — Feyte. — *C. R. Ac. Agric.* 1933, 19, 925.
19. — Fleurent (E.). — *Les aspects biologiques, chimiques et économiques de la génétique des blés. C. H. et Ind.* 1933, *p.* 1267.
20. — Geoffroy (R.). — *Bullet. Soc. Chim. Biol.* 1936, 18, 1570.
21. — Geoffroy (R.). — *Bull. Soc. Chim. Biol.* 1935, 17, 1351.
22. — Geoffroy (R.). — *Le Blé, la farine, le pain. Dunod.* 1939.

23. — Girard et Lindet. — *Le Froment et sa mouture. Gauthiers Villard. Paris.*

24. — Javillier (M.) et Djelatides. — *Sur une technique de dosage des matières protéiques des farines. Com. Congrès inter. des ind. agr., Paris*, 1934.

25. — Koster (A.). — *Zeits. f. d. G.* Getreide, 1936, 3, 35.

26. — Kranz (W.). — *Mulhenlaboratorium. Nov.* 1936.

26*bis*. Lauro. — *Ind. Eng. Chem.* 1931.

27. — Lemoigne (M.), Desvaux (R.) et Monguillon (P.). — *Note sur la valeur de la méthode de Kjeldhal. Ann. Fals. et Fr.* 1934, *p.* 216.

28. — Leprince et Lecoq. — *Analyses alimentaires.* 2° *éd. Vigot.* 1930.

29. — Lindet, Fleurent et Arpin. — *Peut-on reconnaître à quel taux une farine a été extraite Ann. Fals. et Fr.;* 1915, *p.* 372.

30. — Matweff. — *Bull. des Anciens Elèves Ec. Meunerie* 1937, 59, 131.

31. — Mestrezat (W.). — *Techniques courantes de chimie clinique. Masson éd.* 1930.

32. — Mohs. — *Zeits. f. d. g.* Getreide, 1930, 8.

33. — Mottier et Lemoigne (M.). — *Méthode pratique de triage des farines suivant leur teneur en débris de sons. Bull. Acad. Agr.* 1931, *p.* 239.

34. — Osborne (B.). — *Les protéines du grain de blé Public.* 84. *Washington D. C.* 1907.

35. — Nottin et Dartois. — *C. R. Ac. Agric.* 1934, 20, 843 *et* 989.

35*bis*. Palfray. — *Doc. Scientif.* 1937.

36. — Pisani-Borg. — *Sur l'unification des méthodes d'analyse et d'essais des farines et des blés. Atti del Congresso internazionale da panificatione. Roma* 1932. *p.* 392.

37. — Pissarev. — *Analyse chimique des farines* 1931, *p.* 110.

38. — Rousseaux (E.) et Sirot (M.). — *Les matières azotées solubles comme facteur d'appréciation des farines. Ann. Fals. et Fraudes* 1913, *p.* 78 *et* 1917, *p.* 556.

39. — Schribaux (E.). — *Amélioration des farines. Comité national d'études politiques et sociales, fasc.* 428, *p.* 2.

40. — Sullivan. — *Cereal chemistry.* 1933, 10, 503.

41. — Sullivan. — *Cereal chemistry.* 1929, 6, 391.

42. — Thomas (P.). — *Manuel de Biochimie. Masson*, 1936.

43. — Treadwell. — *Manuel de chimie analytique T. II.* Dunod, 1925.

44. — De Vilmorin (J. R.) et Chopin (M.). — *La sélection des blés au point de vue de leur valeur boulangère. Communic. Ac. Agr.*, 8 *mai* 1929.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-Propos 9

Introduction 11

PREMIÈRE PARTIE. — *Etude Physique:*

Chapitre I. — Généralités sur les blés et les farines 17

Chapitre II. — Cultures de la Tunisie. — Blés Tunisiens. 20

Chapitre III. — Les Silos de la Manouba 23

DEUXIÈME PARTIE. — *Etude des qualités mécaniques:*

Chapitre IV. — Extensimètre de Chopin 31

Chapitre V. — Farinographe et Fermentographe. — Résultats obtenus 46

Chapitre VI. — Blés punaisés 61

TROISIÈME PARTIE. — *Etude chimique:*

Chapitre VII. — Matières Protéiques 67

Chapitre VIII. — Matières Minérales 76

Chapitre IX. — Méthodes d'analyse 81

QUATRIÈME PARTIE.

Chapitre X. — I. — Les Blés de force dans le commerce. 89

II. — Le type légal des farines en Tunisie. 90

Conclusions 95

Bibliographie 97